Appendix A

Calculation notes on the costs and emissions reductions of the local air quality measures, and GHG measures from individual studies.

V1 –Establecimiento y aplicación de límites de emisión más estrictos para vehículos nuevos a gasolina

Descripción – De acuerdo a las proyecciones del parque vehicular, se estima que en al año 2010 circularán en la Zona Metropolitana del Valle de México aproximadamente 4.3 millones de vehículos particulares. De éstos, 1.7 millones (casi el 40%) serán vehículos con cuatro años de edad o menos (años-modelo 2006 y posteriores). Dichos vehículos cumplirán con niveles de emisión similares a los establecidos en los Estados Unidos, denominados TIER II. No obstante, los límites de emisión específicos a ser aplicados en México serán establecidos en la actualización de la Norma Oficial Mexicana NOM-042-ECOL-1999, la cual será publicada por la SEMARNAT.

A partir del año 2006 todos los automóviles que se distribuyan en la ZMVM cumplirán con la normatividad TIER 2 de la EPA y contarán con sistemas de diagnóstico a bordo (OBDs). Para ello, PEMEX suministrará una gasolina con un contenido de azufre de 50 partes por millón, lo cual es necesario para que la tecnología vehicular alcance y mantenga los niveles de emisión mencionados. En el año 2010 los vehículos modelo 2006 y posteriores constituirán el 40% del parque vehicular en circulación (Proaire 2002-2010).

Reporte del Banco Mundial – Medida A.5

Emisiones locales – La reducción de emisiones reportada en la hoja de cálculo del equipo de J. Sarmiento es igual a las cifras en PROAIRE y en Banco Mundial excepto para SO_2. Las reducciones se estimaron con otro factor de emisión para los vehículos Tier II, desde la línea base. Las reducciones al año 2010 de PROAIRE serán de 11,006 ton/año de NOx; 3,564 ton/año de HC, 10,482 ton/año de CO, 159 ton/año de SO2 y 426 ton/año de PM10. Usamos nuevos factores de emisiones para vehículos de Tier II. El factor de emisión de Tier II para HC (0.046) es correcto en la hoja de cálculo, según R. Perrusquia.

Costo de inversión– PROAIRE reporta un costo total de inversión privada de EUA$340 millones. El número total de automóviles nuevos en los años 2006 a 2010 será de 1,763,407, así el costo unitario de los nuevos controles será EUA$340 millones / 1,763,407 veh. = EUA$193 / vehículo. En el reporte del Banco Mundial el costo unitario es de EUA$183 / veh. La EIA (US Energy Information Agency ,2002 Assumptions to the Annual Energy Outlook 2002,DOE/EIA 0554 2002), da un costo de EUA$300 para los vehículos con tecnología Tier II con respecto a vehículos modelo 1990 (EUA), y un costo de $150 con respecto a Tier I.

Costo anual-

Año	Vehículos	Costo EUA$ millones $_{priv}$
2006	313,491	60.444
2007	331,965	64.006
2008	351,528	67.778
2009	372,243	71.772
2010	394,180	76.002

Total	1,763,407	340.002

VPN (combustible) – En el reporte de la IEA se menciona que la tecnología Tier II reduce en 1% la eficiencia de uso de combustible. Si esto es cierto, este aumento de consumo de combustible eleva el costo neto a EUA$1,660 millones, lo cual es más grande que el costo de inversión. Sin embargo en otras fuentes (reporte de BM; USEPA 'Regulatory Impact Análisis – Control of Emissions from New Motor Vehicles' (1999) EPA-420-R-99-023, p. V-26), se considera que no hay un cambio en el consumo de combustible debido a la introducción de Tier II. Esto último se considerará como cierto en el presente trabajo, así el costo neto (combustible) es igual a la inversión (EUA$340 millones). De acuerdo con COMETRAVI, la vida útil de la tecnología es de 10 años por lo que el valor de recuperación estimado es de EUA$245.3 millones. El VPN (combustible) de esta inversión es EUA$79.1 millones (tasa de 9%).

VPN (total) – De acuerdo con el reporte del Banco Mundial, el costo anual de mantenimiento de un vehículo Tier II es EUA$95.60 por año mientras que para un vehículo convencional es de EUA$100.68 por año. El ahorro total es de EUA$25.1 millones (sin descuento). Con esto, el VPN (todo) es EUA$64.9 millones.

Nivel Máximo – La medida se aplicará a todos los autos particulares a partir del año 2006. Podemos considerar el nivel de esta medida como (0-1), pero debido a su relación con la V2 (mejoramiento de la gasolina), se usará 1.0.

Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) – Suponemos que la tecnología Tier II no tiene efecto en la eficiencia de los coches y por esto, no hay efecto en las emisiones de GEI.

V2 – Reducción a 50 ppm del contenido de azufre en la gasolina

NOTA – Esta medida debe implementarse junto con la medida V1.

Descripción – El contenido promedio de azufre de las gasolinas que se comercializan en la ZMVM es de 390 y 220 ppm para las gasolinas Magna y Premium, respectivamente. A partir del año 2006, se proporcionará una gasolina Premium con 50 ppm de azufre y una gasolina Magna con 300 ppm.

Emisiones locales – Se estimaron en V1. Las hojas de cálculo de J. Sarmiento incluyen la estimación de reducciones de SO_2 (159 ton/año en 2010). ¿Hay emisiones en las refinerías debido al proceso de desulfurización de la gasolina?.

Reporte de Banco Mundial:

Costo de inversión – La inversión pública total(nacional) en PROAIRE es de EUA$3,000 millones (estimación R. Favela, PEMEX). El costo que se utilizará en el presente trabajo es el reportado por el Banco Mundial (EUA$2,267 millones), que es igual a la cifra que R. Favela dio inicialmente a la CAM. Para pasar de este costo nacional al costo para el ZMVM se utilizó la fracción de consumo de gasolina del ZMVM respecto del país: EUA$2,267 millones (213.9 PJ / 1031.977 PJ) = EUA$469.9 millones (fuentes: Balance Nacional de Energía, 2000; Inventario de emisiones de GEI para el ZMVM)

Costo anual – Con base a la presentación de R. Favela y el calendario de ejecución reportado en el PROAIRE para esta medida, el costo de inversión será EUA$453 millones en 2003, EUA$907 millones en 2004, y EUA$907 millones en 2005. Para corregir al nivel local estas cantidades se multiplican por el 20.7%: EUA$94.0 millones en 2003, EUA$188.0 millones en 2004, y EUA$188.0 millones en 2005 para la ZMVM.

VPN (combustible) – Por la falta de información, consideramos únicamente el costo de inversión y el valor de recuperación. De acuerdo con R. Favela, la tecnología tiene una vida útil hasta 2015 es decir de 11 años (a partir de la inversión final en 2005). El valor de recuperación en 2010 se estimó en EUA$245 millones. El VPN (combustible) es EUA$226.0 millones.

VPN (todo) - R. Favela considera un VPN de EUA$5,137 millones (nivel nacional), que incluye costos de inversión, financiamiento y de operación. A nivel local este VPN es EUA$1,064.8 millones. Otro método para estimar el VPN (todo) fue usar el calendario de costos de operación y mantenimiento de dicha presentación (file 'Costos reducción locales.xls'). Considerando únicamente los costos de operación y mantenimiento de 2002-2010, y corregidos al nivel local, y suponemos que estos gastos no son para combustible. El VPN (todo) es EUA$404.3 millones (tasa de descuento 9%).

Nivel máximo – Se usará 1.0 debido a la complejidad de la medida (refinerías).

Emisiones de GEI – La EPA ('Regulatory Impact Análisis – Control of Emissions from New Motor Vehicles' (1999) EPA-420-R-99-023, Apéndice C), reporta que hay mayor consumo de combustible en las refinerías para producir gasolina con menos azufre. Para los EUA, y para 30 ppm de azufre, hay un cambio de 6.7 millones de toneladas de CO_2 por año. Ajustamos este dato para México mediante la relación de uso de combustible en ambos países (8,431 miles de bl./día en EUA, y 530 miles de bl./día en México, de EIA para 1999, http://www.eia.doe.gov/emeu/iea/table35.html), y la fracción de consumo de energía en la ZMVM (0.207):

-6.7 millones de ton CO_2 por año * (530 bl por día*0.207/8,431 bl por día) = -87,185 ton CO_2 por año en ZMVM.

En 5 años (2006-10), las reducciones de emisiones de CO_2 serían de -435,925 ton CO_2 (aumento neto).

V6 – Adaptación de sistemas de control de emisiones a vehículos no equipados desde fábrica (RETROFIT)

Descripción – El 67% de la flota vehicular de la ZMVM no cuenta con convertidor catalítico y sus emisiones representan cerca del 90% de las emisiones generadas por las fuentes móviles. Existen experiencias internacionales que muestran la viabilidad de instalar sistemas de control en vehículos carentes de convertidores catalíticos y sistemas electrónicos de control de la mezcla aire-combustible. En esta medida en un principio los cálculos consideraban sólo el 50% de la flota de vehículos año-modelo 1992 a 1986, pero al final se acordó que también podrían ser incluidos los vehículos anteriores a 1992, por lo que se reportan las reducciones del 50% de la flota vehicular año-modelo 1992 y anteriores (544,725).

Reporte del Banco Mundial - No está
En COMETRAVI (horizonte 20 años) - Medida 16

Emisiones locales – En las hojas de cálculo (J. Sarmiento), se usan las emisiones de la línea base multiplicadas por 0.5 y por un factor de reducción debido a la introducción del catalizador. La línea base considera la introducción de vehículos TIER II (medida V1) a partir de 2006 pero el escenario no ya que sólo influye sobre los vehículos 92 y ant.

En el año 2010 las reducciones serán (hoja de cálculo revisada): 1,637 ton/año NOX; 11,703 ton/año HC; y 142,937 ton/año CO (0 para PM10 y SO2) – que es la diferencia entre las cifras de esta medida y las de V1 reportadas en PROAIRE.

Costo de inversión – PROAIRE reporta una inversión privada total de EUA$163 millones y un costo de adaptación unitario de EUA$200-EUA$300 por vehículo. El costo unitario es EUA$163 millones / 544,725 veh. = $300 / vehículo. COMETRAVI reporta un costo total de EUA$115 millones y un costo de adaptación unitario de EUA$385 por vehículo. En el presente trabajo se utilizará EUA$300/vehículo y un costo total de EUA$163 millones.

Costo anual - De acuerdo con el calendario de PROAIRE, esta medida se aplicará a partir de 2003 y hasta 2010, pero se espera que la mayor parte de los vehículos se adapten en 2003.

VPN (combustible) – Hay un perdida de eficiencia del uso de combustible debido a la presión del convertidor. Todavía no se tiene certidumbre sobre para la magnitud de esta perdida. Por ahora, suponemos que es de un 2% por lo que el costo por ese consumo extra de gasolina es EUA$45.25 millones (2002-2010). La vida útil del Retrofit es 5-6 años (de COMETRAVI), y dado que las inversiones son en 2003, no hay valor de recuperación para esta medida en 2010. El costo neto es EUA$208.3 millones, y el VPN (combustible) es EUA$182.0 millones.

VPN (todo) - No se tiene información si al adaptar los vehículos hay un cambio en los costos de operación y mantenimiento o en la eficiencia de combustión. Se investigará más.

Nivel máximo – En PROAIRE, dice que el 50% de los vehículos de modelo 1986 a 1992 son susceptibles de incorporar estos cambios tecnológicos. En las hojas de cálculo cambian 50% de los vehículos antes de 1992. El nivel máximo será si todos los vehículos pueden ser Retrofit (=2.0), y se necesita investigar el número de vehículos que pueden ser adaptados. Por ahora, el nivel máximo es 1.0 de acuerdo con la información de PROAIRE.

Emisiones de GEI – Calculamos que hay un aumento de CO_2 de 23,885 tonCO_2/año en 2010, y 264,657 tonCO_2 (2002-2010).

V8 – Renovación de la flota vehicular de transporte de pasajeros de baja capacidad (taxis) & taxis de Tier II

Descripción - Entre los años 2001 y 2006, 80 mil taxis serán sustituidos gradualmente en el Distrito Federal, iniciando con los taxis de los años modelo más viejos el primer año y continuando con el resto de la flota. Los taxis retirados serán sustituidos por vehículos que cuenten con sistemas de control de emisiones y que hayan sido construidos bajo el criterio de eficiencia energética.

Banco mundial – Medida A.2
COMETRAVI – no existe

Emisiones locales: de la hoja de cálculo de J Sarmiento, las reducciones al año 2010 de esta medida con respecto a la línea serán de 11,434 ton/año de HC, 8,579 ton/año de NOx, 85,108 ton/año de CO, y 124 ton/año de PM_{10}. En PROAIRE, la reducción de CO no esta reportada. En el reporte de Banco Mundial las reducciones son menores que en PROAIRE.

En las hojas de cálculo, no hay cambios en el número de vehículos y se aplica la misma distribución de edad cada año.

NOTA: En la hoja de cálculo, esta medida es la suma de renovación de la flota, y también la instalación de Tier II. Se separaron estas dos medidas y se observó que la suma de las dos no es igual al de las dos medidas combinadas. Por eso, se usaron las dos medidas conjuntas.

Costo de inversión – El costo total de inversión de esta medida es EUA$800 millones (10% pública+ 90% privada) con base en PROAIRE. El número total de automóviles retirados en los años 2001-2006 es 80,099 (de la hoja de cálculo). El costo unitario para la compra del mismo número de taxis nuevos es EUA$800 millones/ 80,099=EUA$9,988 por taxi nuevo. El reporte de Banco Mundial da un costo unitario de EUA$11,873 por vehículo. Se usó el de EUA$9,988/taxi.

Costo anual -

Año	Vehículos	Costo EUA$ $_{pub+priv}$
2001	3,218	32,140,226
2002	23,535	235,059,114
2003	23,595	235,658,372
2004	14,765	147,467,509
2005	14,986	149,674,777
2006	0	0
total	80,099	800,000,000

VPN (combustible) – En el reporte de Banco Mundial se menciona que no hay cambio en el consumo de gasolina. En estimaciones propias se usaron los factores de emision del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (PICC), de la misma manera que se hizo para la medida V1. El ahorro total por el consumo de gasolina es de EUA$41.4 millones. Considerando una vida útil de los taxis nuevos de 6 años (COMETRAVI) y debido a que las inversiones son entre 2001 y 2005, no hay valor recuperación para esta medida. El VPN (combustible) es EUA$690.2 millones (tasa descuento 9%).

VPN (todo) – El costo de mantenimiento de un taxi viejo es igual al de un taxi nuevo (Banco Mundial), entonces no hay ahorro. El VPN (todo) es igual al VPN (combustible). Se investigará más sobre estos costos indirectos.

Nivel Máximo – Para el DF la medida se aplica en los modelos 1993 y anteriores – en el Estado de México hay 4,919 taxis modelo 1993 y anterior. Por eso, el nivel máximo es (4919+80,099) / 80,099 = 1.06.

Emisiones de GEI – Con factores de emisión del PICC, el ahorro de CO_2 debido a una mejor eficiencia es 21,122 ton CO_2/año en 2010. El ahorro acumulado (2002-2010) es 253,115 ton CO_2/año.

V9- Sustitución del transporte de pasajeros de mediana capacidad por vehículos nuevos de alta capacidad

Descripción - Entre el año 2001 y el 2006, el gobierno del Distrito Federal sustituirá todos los microbuses registrados en su jurisdicción, lo cual equivale a la incorporación de alrededor de 16 mil autobuses y/o autobuses cortos nuevos. Los microbuses sustituidos serán eliminados definitivamente para evitar su reintroducción en la Zona Metropolitana u otras ciudades. Previa demostración de la destrucción del microbús, el propietario podrá tener acceso a un apoyo económico del Gobierno del Distrito Federal como contribución para el pago inicial de una unidad nueva. NOTA: PODEMOS DIVIDIR EN TRES MEDIDAS DIFERENTES.

Banco Mundial – Medida B.7

COMETRAVI – Medida 26

Emisiones locales: La reducción de emisiones estimada, con respecto a la línea base para este tipo de transporte al año 2010, será de 13,374 ton/año de HC; 151,933 (esta cifra es la línea base, la correcta con la medida es 149,176) ton/año de CO; 5,027 ton/año de NOx y 12 ton/año de PM_{10}. Banco Mundial estima las mismas reducciones. COMETRAVI reporta 6,060 ton/año HC; 171,135 ton/año CO; 20,105 ton/año NOx; 1,090 ton/año PST y 174 ton/año SOx (horizonte 2020). Las emisiones suponen que los autobuses cortos tienen las mismas emisiones (g/km) que los micros nuevos, y hay otros factores de emisiones para autobuses grandes a diesel y grandes a gas natural comprimido. Pero el número de buses y km cambiarán – se supone que se sustituirán 2.5 micros viejos por un autobús largo, y 1.5 micros viejos por un autobús corto.

NOTA: En PROAIRE dice “entre el año 2001 y el 2006, el gobierno del Distrito Federal sustituirá todos los microbuses registrados en su jurisdicción, lo cual equivale a la incorporación de alrededor de 16 mil autobuses y/o autobuses cortos nuevos”. Las hojas de cálculo se refieren a la sustitución de todos los micros de la ZMVM y no sólo los DF.

Costo de inversión- De acuerdo con PROAIRE, la inversión de esta medida será de EUA$744 millones (2.15% pública + 97.85% privada). El número de autobuses nuevos cortos y largos en los años 2001-2006 son 16,270 (de la hoja de cálculo son 5,600 autobuses largos + 10,670 autobuses cortos). Banco Mundial tiene un costo unitario para autobus a diesel de EUA$60,000 y autobus a gas natural de EUA$80,000. Con estos datos de BM la inversión total es de EUA$992.2 millones, con la misma fracción pública que en PROAIRE (992.2*16/744=EUA$21.3 millones público y EUA$970.9 millones privado).

Costo anual - Calendario de ejecución de las hojas de cálculo.

Año	Viejos a sustituir	Autobuses cortos	Largos (diesel)	Largos (GNC)	Costo EUA$millones $_{pub+priv}$
2001	1500	0	600	0	36.0
2002	1500	0	600	0	36.0
2003	10,000	5335	800	0	368.1
2004	10,000	5335	800	0	368.1
2005	3182	0	1400	0	84.0
2006	????	0	600	800	100.0
2007	0	0	0	0	0

2008	0	0	0	0	0
2009	0	0	0	0	0
2010	0	0	0	0	0
Total	30,000	10,670	4800	800	$992.20

VPN (combustible) – Usamos factores de emisiones de PICC y precios de combustible de Banco Mundial (Costos reducción locales.xls). El ahorro por el uso de combustible es EUA$1,138.1 millones. Con una vida útil de 10 años para todos los autobuses (COMETRAVI), el valor de recuperación es de EUA$325.0 millones en 2010. El VPN (combustible) es -$EUA130.1 millones (ahorro en neto, tasa de 9%).

VPN (todo) – En el reporte de Banco Mundial se reportan los costos unitarios de operación y mantenimiento. En general, con la medida habrá menor número de microbuses. En total ('901Costos locales.xls'), hay ahorros de operación de EUA$922.87 millones, y de mantenimiento de EUA$336.6 millones. El VPN (todo) es -EUA$1,079.4 millones (incluyendo el valor de recuperación, tasa de descuento de 9%).

Nivel Máximo – Hay casi 30,000 micros viejos ahora por lo que el nivel máximo de esta medida será 1.0.

Emisiones de GEI – En el archivo '901Costos locales.xls', se estimó que las emisiones de CO_2 evitadas son 6,361,159 tonCO_2 entre 2001 y 2010. En 2010, la reducción será de 454,362 tonCO_2/ano.

V12 Establecimiento y aplicación de límites de emisión más estrictos para vehículos nuevos a diesel

Descripción –El Subcomité de Normalización encabezado por la SEMARNAT inició en el año 2000 la revisión de la Norma Oficial Mexicana NOM-044-ECOL-1993, la cual establecerá los niveles de emisión que serán aplicados a las unidades pesadas que circulan en México. Se prevé que estos niveles podrán ser similares a los que establecen las normas EPA 2004 y EURO III. Asimismo, se estima que la actualización de la norma se concluya en el 2002. La normatividad que entraría en vigor en los años 2004 y 2007 para su aplicación en unidades pesadas nuevas a diesel (mayores a 3 ton).

Banco Mundial – Medida A.6

Emisiones locales – En PROAIRE, la reducción de emisiones estimada, con respecto a la línea base, de autobuses y vehículos de más de 3 toneladas, al año 2010 será de 6,362 ton/año de NOx, 1,012 ton/año de HC y 640 ton/año de PM_{10}. Banco Mundial reporta 10,017 ton/año de NOx; 3,217 ton/año HC; 640 ton/año de PM_{10}; 5,694 ton/año CO y 1,597 ton/año de SO_2.

NOTA – En las hojas de cálculo de J. Sarmiento, se asume que la distribución de edad de vehículos totales será la misma cada año, y solamente cambiará el número total.

Vehículos nuevos – El número de vehículos para los cuales se aplica la medida no está en el documento de PROAIRE. En las hojas de cálculo, tenemos la diferencia en la flota total entre años – pero el número de vehículos nuevos es mayor porque algunos otros vehículos van a "morir". Se estimó el número de vehículos nuevos cada año suponiendo que 3% de estos mueren naturalmente cada año (como en los coches), más el cambio de vehículos totales cada año. Los resultados del número de vehículos cada año se presentan en la tabla siguiente.

Costo de inversión – La inversión privada en la medida es EUA$166 millones (PROAIRE). El número total de vehículos a diesel con controles de 2004 a 2010 es 54,077. El costo unitario resulta de EUA$166 millones/54,077 veh = EUA$3,070/veh. Banco Mundial dice EUA$42,649/veh.

Costo anual -

Año	Diesel HDDV	Autobuses	Costo EUA$ millones $_{priv}$
2004	6,325	740	21.69
2005	6,515	760	22.33
2006	6,711	780	23.00
2007	6,912	800	23.68
2008	7,119	821	24.38
2009	7,333	843	25.10
2010	7,553	865	25.84
total	48,468	5,609	166.02

VPN (combustible) – El reporte Banco Mundial dice que no hay cambios de operación y mantenimiento, ni en el uso de combustible, para esta medida. El reporte de la EPA "Draft technical support document: Non conformance penalties for 2004 highway heavy duty diesel engines" EPA420-D-02-001, Jan. 2002, menciona un rango de cambios de eficiencia, de 0 a –5%. Se usará -2% para camiones y para diesel, así el costo adicional por el mayor consumo de diesel es EUA$11.4 millones (2002-2010). Suponemos que la

vida útil es 10 años (COMETRAVI), y calculamos el valor de recuperación en 2010 como EUA$105.7 millones. El VPN (combustible) es EUA$62.2 millones (tasa de 9%).

VPN (todo) – En el reporte del Banco Mundial no se reportan cambios en la operación y mantenimiento, y por eso, se considera que el VPN (todo) es el mismo que el VPN (combustible) (EUA$56.4 millones). Pero el documento de la EPA reporta otros costos de O&M. Se investigará más si hay cambios de O&M, en el reporte de la EPA.

Nivel máximo: Esta medida tiene relación con V13 y por eso es mejor usar simplemente 1.0.

Emisiones de GEI – Usando una perdida de eficiencia de combustible de 2%, se obtiene una reducción de –90,193 ton CO_2 (2002-2010, aumento en neto). Las emisiones en 2010 son –23,219 ton CO_2/año.

V13 Reducción del contenido de azufre en el diesel

NOTA – Esta medida debe implementarse junto con la medida V12.

Descripción – Reducir el contenido azufre en el diesel a 30 ppm.

La flota vehicular a diesel que circula en la ZMVM está integrada por más de 180 mil vehículos, de los cuales más del 40% tienen más de 20 años de edad. Para el año 2010 se espera que la flota se incremente a 255 mil unidades. El diesel de bajo contenido de azufre (15 ppm) se requiere tanto para la introducción de las nuevas tecnologías de vehículos pesados que serán introducidas en México en los próximos años como para la retroadaptación de sistemas de control de emisiones en la flota a diesel en circulación. Producir y suministrar, a nivel nacional un diesel con un contenido menor o igual a 30 ppm de azufre.

NOTA: Hay duda en la calendarización de esta medida, ya que el calendario de PROAIRE considera que la Revisión y actualización de la NOM-086-ECOL-1994 será en 2002 y la preparación, aplicación y vigilancia de la norma será de 2002 a 2010. Pero no menciona la etapa de modernización de infraestructura en PEMEX y el proceso de reducción del contenido de azufre en las gasolinas.

Emisiones locales – Se estimaron en V12. Las hojas de cálculo de J. Sarmiento no estiman SO_2 pero el Banco Mundial si.

Costo de inversión– En PROAIRE el costo público que implicaría esta medida sería del orden de EUA$1,500 millones (R. Favela de Pemex). En el reporte del Banco Mundial se reporta EUA$2,296 millones. Estos costos son nacionales. Si usamos el costo adicional por la producción de un galón de gasolina sin azufre (R. Favela) y la cantidad de gasolina y diesel consumidos en Mexico, se obteniene un costo de inversión nacional de diesel:

EUA$2,267 millones / (32,059 millones lt gasolina/año) * (7 centavos por gallon gasolina sin S /5.5 cents por gallon diesel sin S) * (15,973 millones lt diesel/año) = EUA$1,438 millones.

Esto es similar al costo de PROAIRE, por lo que se usará la información de ese documento, es decir EUA$1,500 millones. Para tener el costo para la ZMVM, multiplicamos por la fracción de uso de diesel en la ZMVM (58.7 PJ / 576.999 PJ = 10.2%, de inventario de emisiones de ZMVM, y el Balance Nacional de Energía 2000). El costo es EUA$146.6 millones.

Costo anual – Suponemos que el calendario de ejecución es el mismo que para la medida 2, pero un año antes, para tener diesel de bajo S antes de que entren los vehículos en 2004: EUA$29.3 millones en 2002, EUA$58.6 millones en 2003, y EUA$58.6 millones en 2004.

VPN (combustible) – El valor de recuperación estimado para 2010 es de EUA$76.8 millones usando la misma vida útil que para V2 (gasolina) de 11 años. El VPN (combustible) es EUA$98.5 millones (tasa de 9%).

VPN (todo) – Suponiendo la misma relación entre la inversión y el VPN (todo) que se estimó para la medida 2 (gasolina), el VPN (todo) es EUA$176.2 millones ($404.3_{VPNtgasol}$ * $98.5_{VPNcombusdiesel}$ / $226.0_{VPNcombustgasol}$). Pero no podemos usar este número porque no se sabe con certeza el VPN (todo) para V12.

Nivel máximo – complicado, se usará 1.0

Emisiones de GEI – Se asume que el aumento de emisiones de CO_2 por la refinación es el mismo para diesel que para gasolina (por litro de combustible). Usando los datos de la Medida V2, un consumo nacional de diesel de 15,973 millones de lt por año y una fracción de consumo de diesel para la ZMVM de 0.102, se tiene:

-6.7 millones de ton CO_2 por año / (489,589 millones lt gasol EUA/año) * (15,973 millones lt diesel México/año) * 0.102 = -22,296 tonCO_2/año en ZMVM.

Para 7 años (2004-2010), la reducción de CO_2 será de 156,073 ton CO_2 (aumento neto).

V18 – Expansión de la red de estaciones de recarga de gas natural comprimido (gnc)

NO SE INCLUYE ESTA MEDIDA DADO QUE NO HAY INFORMACION SUFICIENTE.

Descripción - En la actualidad, solamente existen 2 estaciones de recarga en el Valle de México. El desarrollo de esta infraestructura puede ser muy lenta debido a las restricciones en terrenos disponibles, uso del suelo, etc., una alternativa para aumentar el ritmo de instalación del número de estaciones de recarga consiste en autorizar que en algunas de las estaciones de servicio se distribuya tanto gasolina como gnc. La instalación y operación de las estaciones distribuidoras de GNC en la ZMVM estará a cargo de empresas privadas, las cuales estiman que tendrán hasta 15 estaciones operando en la zona metropolitana dentro de los siguientes 10 años, con lo cual se espera satisfacer la demanda calculada para los próximos años.

Banco Mundial – No existe
COMETRAVI – Medida 13,14,15

Emisiones locales – En PROAIRE no se estimaron reducciones de emisiones. En COMETRAVI se reducirían: HC 27,939 ton/año; CO 925,574; NOx 45,351; PST 2,328 ton/año, por el uso de gas natural en 785,500 vehículos de flotillas + 27,739 minibuses + 12,201 autobuses.

Costo de inversión– En PROAIRE no se estimó el costo total de inversión. En COMETRAVI el costo de inversión es de EUA$2,886 millones. Pero se refiere a la compra de vechículos que usen gas natural y no al costo por la infraestructura de distribución del gnc como lo plantea PROAIRE. Los costos por vehículos de acuerdo con COMETRAVI son: veh flotillas EUA$3,040; miniautobuses EUA$4,224 y autobuses EUA$31,257 (todos los autobuses en 2011-2020).

Costos anuales: No hay más información en PROAIRE que el calendario 2002-2010.

Costo neto: No hay más información.

Costo nivelado: No hay más información.

Nivel máximo:

Emisiones de GEI – Se espera un impacto en las emisiones de GEI debido al cambio de combustible. Investigar más.

PREGUNTAS

PROAIRE se refiere al costo de la infraestructura para distribuir gas natural y COMETRAVI a los vehículos que usarán este combustible. ¿Puede haber homologación de costos? (Costos unitarios).

Investigar más si se espera un impacto en las emisiones de GEI debido al cambio de combustible. (Emisiones de GEI)

V21 – Eliminación de vehículos contaminantes de mayor edad de uso privado

Descripción - Acelerar la renovación del parque vehicular registrado en el Distrito Federal, así como el retiro de los vehículos altamente contaminantes, de mayor edad, de uso privado. El Gobierno del Distrito Federal plantea la sustitución de los vehículos del parque vehicular de mayor edad en forma gradual a partir del año 2003 y hasta el año 2010. En este programa se propone un retiro de vehículos del 4% anual, adicional al 3% que se da de manera natural en la ZMVM. NOTA: Esta medida aplica únicamente en el DF.

Banco Mundial: Medida A.1
COMETRAVI: Medida 17

Emisiones locales – Las reducciones de las hojas de cálculo de J.Sarmiento son las mismas que el PROAIRE. La reducción de emisiones estimada, con respecto a la línea base de autos particulares del Distrito Federal al año 2010 será de 5,234 ton/año de NOx; 8,323 ton/año de HC; 102,267 ton/año de CO y 155 ton/año de PM_{10}. Se utilizan los F.E. normales hasta 2005, a partir de 2006 se utilizaron FE Tier II. COMETRAVI estima un poco más arriba pero es a 20 años: 12,054 ton/año HC; 176,320 ton/año CO: 5,000 ton/año NOx y 93 ton/año de PST.

En las hojas de cálculo, se refieren solamente a los particulares de DF. Las hojas toman la suposición que la distribución de edad es la misma en cada año (por eso, no calcula cambios año por año para cada año modelo). También parece que calcula la distribución de edad en cada año con respecto a la línea base, y no con la distribución del año anterior – Los autos nuevos debidos a la medida en un año no están incluidos en otros años en el futuro. Por esto, es posible que estén subestimados los cálculos de reducciones en emisiones.

En el presente trabajo se corrigió lo anterior y se estimó la distribución de edad en cada año (después del primer año de la medida), con respecto a la distribución de edad en el año anterior, considerando la medida. También se consideró que los factores de emisiones de Tier II no debe usarse para la medida después de 2006, porque no se aplican tampoco para la línea base. Usando esta suposición, hay gran cambio en la distribución de edad de vehículos. Las emisiones evitadas estimadas en 2010 son de 15,239 ton/año de NOx; 55,298 ton/año de HC; 583,211 ton/año de CO y 0 ton/año de PM_{10}.

Costo de inversión: El costo total de inversión privada en la medida es EUA$4,000 millones de dólares en PROAIRE. El número total de automóviles a retirar es 826,883 (de hoja). El costo unitario sería EUA$4,000 millones/826,883 = EUA$4,837 / vehículo. No tenemos una explicación para este costo. El Banco Mundial reporta EUA$11,400 /veh. nuevo. COMETRAVI da un costo público de EUA$1,519 / veh viejo. Aquí usamos el costo de inversión total de EUA$11,400 /veh, que aplica para inversiones extras con respecto a la línea base. Podemos suponer que el costo público es EUA$1,000 por vehículo retirado, que será 8.77% (1,000/11,400) del costo total. La inversión pública es EUA$826.9 millones, y la inversión privada es EUA$8,599.6 millones.

Costo anual - Inversiones basadas en EUA$11,400 /veh

Año	Vehículos nuevos adicionales	Costo EUA$ $_{priv}$
2002	74,161	845,435,400
2003	77,863	887,638,200
2004	81,849	933,078,600

2005	86,141	982,007,400
2006	90,759	1,034,652,600
2007	95,714	1,091,139,600
2008	101,013	1,151,548,200
2009	106,673	1,216,072,200
2010	112,710	1,284,894,000
total	826,883	9,426,466,200

VPN (combustible) – Usando factores de emisión de PICC, se estimó que el ahorro de gasolina es de EUA$560.5 millones en neto (sin descuento). Si la vida útil es 10 años (COMETRAVI), estimamos un valor de recuperación de EUA$5,293.5 millones. El VPN (combustible) es EUA$3,614.9 millones usando una tasa de descuento de 9%. Se investigará más sobre los cambios de eficiencia de vehículos en México.

VPN (todo) – El reporte Banco Mundial dice que no hay ahorro de dinero en el costo de mantenimiento de los coches nuevos, por esto el VPN (combustible) es igual al VPN (todo). Se investigará más sobre estos costos indirectos.

Nivel Máximo – Esta medida aplica únicamente en el DF y sería posible ampliar la misma medida hacia el Estado de México. Se puede considerar un nivel máximo de 1.5, estimado usando el número de automóviles particulares en la ZMVM dividido por el número en el DF en el inventario de emisiones 1998 (2,341,731/1,546,595).

Emisiones de GEI – Con un F.E. de PICC, se estimó un ahorro de CO_2 de 459,685 tonCO_2/año en 2010. Para 9 años (2002-2010), se espera una reducción de 337,990 tonCO_2.

V22 – Renovación de autobuses de la RTP y del STE

Descripción – Los autobuses de la RTP y los autobuses articulados dependientes del STE, están constituidos en su mayoría por autobuses a diesel con varios años de servicio y por lo tanto son altamente emisores de contaminantes, por lo que el Gobierno del Distrito Federal renovará 1,029 unidades, lo cual constituye el total de la flota inicial de la RTP que contribuyen con más de 34,000 toneladas anuales de contaminantes a la atmósfera, a partir del año 2001 y hasta el 2004, por autobuses nuevos a diesel y a gas natural comprimido. Entre los años 2001 y 2004, 860 autobuses de la RTP serán substituidos por camiones a diesel y a gas natural comprimido (TODOS), y 169 camiones articulados operados por el STE. Para la instrumentación de esta medida, se establecerá un calendario gradual de sustitución, iniciando por los autobuses de modelos anteriores a 1985. Los vehículos removidos por esta medida serán destruidos para evitar su reintroducción a la ZMVM. En la hoja de cálculo, no hay diferencia entre los RTP y STE – la medida sustituye todos los autobuses de diesel por autobuses de GNC.

Banco Mundial – Medida B.8
COMETRAVI – Medida 18

Emisiones locales –La reducción de emisiones estimada con respecto a la línea base de autobuses al año 2010 será de 860 ton/año en NOx, 725 ton/año de CO, 348 ton/año de HC y 95 ton/año de PM_{10} (Proaire, J.Sarmiento).

En PROAIRE, dice que sustituirán 1029 autobuses en total – 860 autobuses de RTP sustituidos por diesel y GNC, y 169 de los eléctricos de STE. Según la hoja de cálculo para calcular las emisiones, quitan 1,029 autobuses diesel en total, y reemplazan todos los 1,029 por nuevos de GNC.

Las reducciones están estimadas suponiendo que los 1029 buses se sustituirán con buses a gas natural. Las hojas de cálculo asumen que la distribución de edad es la misma en cada año.

Costo de inversión – Según J. Sarmiento, hay error en PROAIRE en el costo. El costo de inversión pública en PROAIRE es EUA$12.4 millones, pero debe ser EUA$124 millones. El número total de autobuses en los años 2001-2010 es 1,029 (de la hoja de cálculo). El costo unitario EUA$124 millones/ 1,029 bus. = EUA$120,500 / bus. El reporte Banco Mundial tiene un costo unitario de EUA$80,000 / bus nuevo). COMETRAVI dice que se invertirán EUA$4,910 millones/269376 autobuses = EUA$18,228 / bus. Aquí usamos el EUA$120,500 por autobús de GNC nuevo, de PROAIRE.

Costo anual -

Año	Autobuses quitan diesel	Vehículos nuevos GNC	Costo EUA$ $_{pub}$
2001	257	257	30,968,500
2002	257	257	30,968,500
2003	258	258	31,089,000
2004	257	257	30,968,500
2005	0	0	0
2006	0	0	0
2007	0	0	0
2008	0	0	0
2009	0	0	0

2010	0	0	0
Total	1029	1,029	124,000,000

VPN (combustible) – Con la información de la eficiencia del uso de combustible y los factores de CO_2 del PICC, hay un ahorro del uso de combustible de EUA$6.1 millones. Si los autobuses tienen una vida útil de 10 años (COMETRAVI), el valor de recuperación en 2010 será de EUA$23.1 millones. El VPN (combustible) es EUA$100.6 millones (tasa de descuento 9%).

VPN (todo) - El reporte Banco Mundial dice que no hay ahorro de dinero en el costo de mantenimiento de autobuses a gnc. Se investigará más si hay ahorros u otros cambios de operación y mantenimiento.

Nivel Máximo – RTP tenía 985 autobuses en 2000, y por eso, se supondrá que con esta medida se va a reemplacar todo el número de autobuses de RTP. El nivel máximo es 1.0.

Emisiones de GEI – Usando factores de emisión de CO_2 de PICC, se obtuvo un ahorro de 17,465 tonCO_2/año en 2010, y 148,444 tonCO_2/año (2002-2010). Según otro reporte (M. J. Bradley), los autobuses de GNC no tienen beneficio para GEI si se comparan con los buses a diesel nuevos, a causa de fugas de CH_4 (durante la operación y carga del combustible). Se investigará más sobre las emisiones de CH_4.

V23 – Renovación de la flota de transporte de carga local

Descripción – La gran mayoría de los camiones de carga a gasolina (72.5%) en el DF, corresponde a modelos 1992 y anteriores, por lo que se retirará el 40% del parque vehicular para su posterior destrucción iniciando en el 2002 y hasta el año 2010 y así contar con camiones que tengan sistemas de control de emisiones. El Gobierno del Distrito Federal diseñará los esquemas de financiamiento para fomentar la sustitución de camiones de carga local obsoletos. La medida aplica solamente al DF – en el inventario de emisiones, no se reporta el número de camiones de gasolina para el Edo.de México.

Banco Mundial – Medida A.3

Emisiones locales –La reducción estimada de emisiones al año 2010 será de 6,131 ton/año de NOx; 5,728 ton/año de HC; 86,829 ton/año de CO y 24 ton/año de PM_{10} (PROAIRE y J. Sarmiento).

Las hojas de cálculo asumen que la distribución de edad es la misma en cada año.

Costo de inversión – En PROAIRE, dice que "el costo total de la medida será EUA$1,546 millones, de los cuales EUA$274.4 millones serán financiados por el gobierno". Pero en la hoja de resumen de las medidas, dice que la inversión privada es $1,546 millones + EUA$274 millones públicos. El número total de vehículos de carga local renovados será de 61,859 (2002-2010, J. Sarmiento). El reporte Banco Mundial tiene un costo unitario de EUA$25,000/ veh. Si usamos este costo unitario, obtenemos EUA$1,546 millones para la inversión total. Por lo tanto consideramos que la inversión total debe ser EUA$1,546 millones (EUA $274 millones públicos –17.7%- y EUA$1,272 millones privados –82.3%-).

Costo anual – Usando $25,000 /veh.

Año	Vehículos	Costo EUA$ $_{pub+priv}$
2002	6,873	171.825
2003	6,873	171.825
2004	6,873	171.825
2005	6,873	171.825
2006	6,873	171.825
2007	6,873	171.825
2008	6,873	171.825
2009	6,873	171.825
2010	6,873	171.825
total	61,857	1,546.425

VPN (combustible) – Se usaron factores de emisión de PICC y eficiencias de combustible, y precios de combustible de Banco Mundial ('901Costos locales.xls'). El ahorro de uso de combustible es EUA$284.8 millones. Si la vida útil de las camionetas es de 10 años (COMETRAVI), el valor de recuperación en 2010 será de EUA$820.1 millones. El VPN (combustible) es EUA$528.0 millones (costo neto, tasa de 9%).

VPN (todo) – En el documento del Banco Mundial no se reportan costos unitarios de operación ni de mantenimiento. Se investigará más si hay otros cambios de operación y mantenimiento.

Nivel Máximo – La medida aplica solamente al DF, y puede ser más grande si incluimos el Estado de México, aunque no hay información sobre el tamaño de la flota en esta entidad en el documento del inventario de emisiones. También será posible cambiar más vehículos en el DF. Suponemos que el nivel máximo será 1.8.

Emisiones de GEI – En la hoja de cálculo ('901Costos locales.xls'), se estimó que las emisiones de CO_2 evitadas serán de 342,189 toneladas en 2010. La reducción será de 1'686,443 toneladas de CO_2 de 2002 a 2010.

T25 – Expansión del metro

Descripción – La SETRAVI y el Sistema de Transporte Colectivo Metro, proponen dentro de su programa operativo la construcción de 32 km de Metro para el corto plazo que incluye la ampliación de las líneas 7, 8 y 9 y la construcción de la línea 12 (2003-2005). En el mediano plazo la ampliación de las líneas 4 y 5 en 18 km y la construcción de la línea 13 (2005-2009); y para el largo plazo 26 km de Metro y 52.6 km de nuevas líneas de Metro de rodadura férrea para el periodo 2009-2020. Los cuales se distribuirán mayoritariamente en el Estado de México, debido al crecimiento poblacional esperado en esa entidad.

COMETRAVI – Medida 10. COMETRAVI considera 76.4 km de Metro entre 1998 y 2020. Como en el PROAIRE se reportan las mismas reducciones de emisiones que en COMETRAVI, se asume que el plan de PROAIRE es construir 76.4 km de Metro. Sin embargo, el PROAIRE añade más km de Metro sin cambio en las emisiones.

Emisiones locales – En PROAIRE se estiman reducciones de HC 2,841 ton/año; CO 9,375 ton/año; NOx 7,074 ton/año; SO_2 91 ton/año y PM_{10} 352 ton/año, que son las mismas que COMETRAVI (1999).

En el reporte de COMETRAVI, se estimaron estas reducciones como las emisiones evitadas por sacar de circulación autobuses viejos debido a la introducción de más Metro, y se consideraron los factores: HC, 9.9 g/bus-km; CO, 33.0; NO_X, 24.5; SO_X, 0.32; PST, 1.20. Dividiendo las reducciones entre dichos factores, el número de bus-km evitados es 287 millones en un año al fin del proyecto (2010 o 2020) : 287 millones bus-km / 76.4 km Metro = 3.76 millones bus-km evitados en un año por km de Metro. (NOTA COMETRAVI Vol. 5, Anexo 2 dice otros factores de emisiones para autobus: HC, 8.08 g/km; CO, 24.97 g/km; NOx 21.1 g/km. Pero si dividimos las emisiones por los factores, no da el mismo numero de km para cada contaminante.)

Costo de inversión– El costo total de inversión en la medida no está estimado en PROAIRE. En COMETRAVI el costo total de inversión pública es MEX$37,415 millones (/9.5 = EUA$3,938 millones), y hay un costo de VPN de MEX$4,445 millones (/9.5 = EUA$468 millones, que incluye el ahorro de tiempo y usa un tasa de descuento de 12%). Estos costos son para un total de 76.4 km de metro, y podemos usar este costo de inversión porque los emisiones son las mismas que PROAIRE. El costo unitario (de inversión) es de EUA$3,938 millones / 76.4 km = EUA$51.5 millones/ km. Se debe hacer la equivalencia del costo de inversión al año $2002.

Costo anual – basado en el calendario en PROAIRE

Año	Km	Costo EUA$ millones $_{pub}$
2002	0	000.00
2003	10.7	551.58
2004	10.7	551.58
2005	19.5	1,005.23
2006	8.9	458.79
2007	8.9	458.79
2008	8.9	458.79
2009	8.8	453.64
2010	0	000.00
Total	76.4	3,938.40

VPN (combustible) – En '901Costos locales.xls' se calculó el costo por el consumo de electricidad del Metro (EUA$103.3 millones para 2002-2010) y el costo del consumo de diesel para autobuses (EUA$230.6 millones). El ahorro de combustible es EUA$127.3 millones. En COMETRAVI, hay información que el período de recuperación es de 20 años (notas de cálculo) y 30 años (Estudio 4). Suponemos que la vida útil de inversiones en el Metro es 25 años, y calculamos el valor de recuperación en 2010 como EUA$3,189.3 millones. El valor presente neto (combustible) es EUA$1,210.6 millones, tasa de descuento 9%. No incluimos los costos de inversiones para autobuses según la suposición que el Metro reemplaza autobuses viejos y no autobuses nuevos.

VPN (todo) – En el documento de COMETRAVI, se reporta un VPN de MEX$4,445 millones (/9.5 = EUA$468 millones, que incluye el ahorro de tiempo y usa un tasa de descuento de 12%). Falta información sobre otros costos y ahorros de operación y mantenimiento.

Nivel Máximo – Debido a que el plan de COMETRAVI es para 1997-2020, el nivel máximo no puede ser mucho más grande que 1.0. Se supondrá 1.2.

Emisiones de GEI – Del archivo '901Costos locales.xls', el Metro emite 1,072,068 toneladas de CO_2 en el período de 2002-2010 por consumo de electricidad. Por otro lado, el número de bus-km evitados durante el período 2002-2010 es de 1,509.7 millones y las emisiones de CO_2 por este diesel ahorrado (usando 2.2 km/lt, de IMP y FE de 2.669 kg CO_2/lt) son de 1,831,608 ton CO_2 (2002-2010). Hay un ahorro neto de 759,539 ton CO_2 (2002-2010). En 2010, el ahorro es de 144,386 ton CO_2/año.

T26 – Establecimiento de una Red de Trenes Suburbanos

Descripción – Maximizar el uso de la infraestructura y derechos de vía existentes en la red ferroviaria de la ZMVM para su uso en transporte urbano, suburbano y regional de pasajeros

La privatización de las operaciones en los Ferrocarriles Nacionales de México ofrece la oportunidad del aprovechamiento de la infraestructura ferroviaria del Valle de México (estaciones, vías, instalaciones, terrenos) para la instalación de un sistema de transporte masivo metropolitano mediante trenes suburbanos, que contribuya a satisfacer eficientemente la demanda de viajes en la ZMVM, entre la periferia y el centro de la ciudad de una manera fluida, sin necesidad de cortes y transbordos en los viajes entre el Distrito Federal y los municipios conurbados del Estado de México, y con toda la región limítrofe.

COMETRAVI – Medida 11.

COMETRAVI considera 68 km de tren suburbano entre 1998 y 2010. Como PROAIRE reporta las mismas reducciones que COMETRAVI, se supone que en PROAIRE se construirán 68 km de tren suburbano.

Emisiones locales – PROAIRE reporta reducciones de HC 2,140 ton/año; CO 7,064 ton/año; NOx 5,330 ton/año; SO_2 72 ton/año y PM_{10} 265 ton/año, que son las mismas que COMETRAVI (1999).

En la hoja de cálculo de COMETRAVI no hay estimación comparativa entre tren suburbano y autobuses. Por lo que se hacen las mismas suposiciones que para el metro. Se dividieron las emisiones entre los factores de emisión de 9.9 g HC/bus-km; 33.0 para CO; 24.5 para NO_X; 0.32 para SO_X y 1.20 para PST y se obtuvo un número promedio de bus-km evitados de 218 millones en un año al fin del proyecto (2010 o 2020) o 3.2 millones bus-km evitados en un año por km de tren suburbano (218 millones bus-km / 68 km tren suburbano).

Costo de inversión– En PROAIRE aparece una inversión pública de EUA$15 millones por km de línea incluyendo el material rodante, pero no aparece el costo total. COMETRAVI da un costo de inversión de MEX$6,220 millones (/9.5 = EUA$655 millones), y un VPN de MEX$9,716 (/9.5 = EUA$1,023 millones). El costo unitario en COMETRAVI es EUA$655 millones / 68 km = EUA$9.63 / km de línea. Se usarán los costos totales y unitarios de PROAIRE, ya este costo unitario es más actualizado.

Costo anual – basado en el calendario en PROAIRE

Año	Km	Costo EUA$ millones $_{pub}$
2002	0	0
2003	0	0
2004	9.7	145.5
2005	9.7	145.5
2006	9.7	145.5
2007	9.8	145.5
2008	9.7	145.5
2009	9.7	145.5
2010	9.7	147.0
Total	68	1,020.0

VPN (combustible) - Falta información sobre el uso de combustible de los trenes suburbanos. Buscamos información desde las hojas de estimación de CO2 personales en la red. El resultado de los diferentes calculadores para trenes y para autobuses son:

www.iclei.org -	Public transit	– 0.044 kg CO_2 / km.person
	Train travel	– 0.150 kg CO_2 / km.person
www.americanforests.org -	Rail or subway	- 0.170 kg CO_2 / km.person
	City buses	– 0.200 kg CO_2 / km.person
	Interstate buses	– 0.060 kg CO_2 / km.person
ans.ep.wisc.edu/~eic/personal.impact.html –	Bus	- 0.160 kg CO_2 / km.person
	Train	– 0.310 kg CO_2 / km.person
www.natenergy.org.uk -	Train & bus	– 0.060 kg CO_2 / km.person
www.facefoundation.nl -	Bus & Train	– 0.050 kg CO_2 / km.person
	Coach	– 0.020 kg CO_2 / km.person

A partir de esta información, no es claro si las emisiones de los autobuses son más grandes o más pequeñas que las de trenes, y dos fuentes tienen la misma emisión. Por ahora consideramos que no hay cambio en el uso de diesel para los trenes, en comparación con autobuses de diesel. En COMETRAVI, el período de recuperación es de 20 años (notas de cálculo) y 30 años (Estudio 4). Suponemos que la vida útil de las inversiones es 25 años, y con esto, el valor de recuperación en 2010 es EUA$849.7 millones. Sin incluir el costo de combustible, el valor presente neto es EUA$246.2 millones (tasa de descuento 9%). No incluimos los costos de inversiones para autobuses según la suposición que el Metro reemplaza autobuses viejos.

VPN (todo) – En el documento COMETRAVI, calcularon el VPN de MEX$9,716 (/9.5 = EUA$1,023 millones, el VPN incluye el ahorro de tiempo y usa un tasa de descuento de 12%). Falta información sobre otros costos y ahorros de operación y mantenimiento.

Nivel Máximo – El plan de COMETRAVI es construir 68 km de líneas entre 1998 y 2010. Puede ser más que 1.0, dado que será posible construir más líneas y se supondrá 1.5.

Emisiones de GEI – Las reducciones se refieren a la diferencia entre las emisiones por la electricidad consumida por el tren y el ahorro de combustible por los autobuses que dejan de circular. Del archivo '901Costos locales.xls' se tiene una reducción de 263,988 toneladas de CO_2 en el año 2010 y de 1,054,789 toneladas de CO_2 en el período de 2002-2010 por el ahorro de diesel. No tenemos la reducción de emisiones de CO_2 a causa de los autobuses que dejan de circular. Ahora suponemos que no hay cambio de CO_2.

T27 – Ampliación de la Red de Trolebuses y Tren Ligero

Descripción – Considerado este tipo de transporte como uno de los servicios más eficientes, debido a su capacidad y a su vida útil (de 2 a 3 veces mayor que la de los vehículos de combustión interna) y sobre todo a la reducida contaminación que producen, merece ser considerada la expansión de la red de trolebuses, así como la rehabilitación de las vías existentes. 1) Consolidar corredores de transporte atendidos por trolebuses, mejorando las condiciones operativas de la vialidad, 2) Definir los términos para la competencia del trolebús con otros modos de superficie, evitando en lo posible la sobreposición de rutas, 3) Adaptar y/o construir carriles exclusivos para la operación del trolebús.

La medida se puede dividir en dos:

T27a Trolebuses

COMETRAVI – Medida 9

Emisiones locales – PROAIRE reporta reducciones totales de las dos medidas (trolebuses+tren ligero) de 18,554 ton HC /año, CO 62,830, NOX 45,729, SO2 598 y PM10 2,189 ton/año. De PROAIRE y de COMETRAVI tenemos las reducciones de emisiones para trolebuses:

HC	CO	NOx	SO_2	PM_{10}
16,690	56,664	41,098	538	1,961

Estas emisiones son para 1,192 km de trolebuses que es el nivel máximo de aplicación, a un horizonte de 20 años y un costo de MEX$41,362 millones (COMETRAVI) y no para los 426 km que PROAIRE plantea para la medida. Por lo que se cambiaron las anteriores reducciones de emisiones aplicando el factor de 0.357 (426 km / 1,192 km):

HC	CO	NOx	SO_2	PM_{10}
5,965	20,250	14,688	192	701

Siguiendo la metodología de COMETRAVI, el número promedio de bus-km evitados es 600 millones en un año al fin del proyecto (2010 o 2020) o 1.408 millones bus-km evitados en un año por km de trolebús (600 millones bus-km / 426 km trolebuses).

Costo de inversión– En PROAIRE se reporta una inversión pública de MEX$14,164 millones (/9.5 = EUA$1,491 millones) para el trolebús y el tren ligero. El costo total por las dos medidas trolebuses + tren ligero en COMETRAVI es MEX$54,164 millones por lo que suponemos que hay un error de copiado en PROAIRE.

Para 426 km de trolebuses, COMETRAVI reporta un costo de inversión pública de MEX$14,782 millones (/9.5 = EUA$1,556 millones). El costo por km de trolebús es EUA$1,556 millones / 426km = EUA$3.65 millones/ km. COMETRAVI también da un VPN de MEX$3,214 millones (/9.5=EUA$338.3 millones). Se debe estimar el costo de inversión (1998) a $ equivalente al año 2002.

Costo anual – basado en el calendario PROAIRE.

Año	Km	Costo EUA$ millones $_{pub}$
2002	0	0
2003	53.25	194.5
2004	53.25	194.5

2005	53.25	194.5
2006	53.25	194.5
2007	53.25	194.5
2008	53.25	194.5
2009	53.25	194.5
2010	53.25	194.5
Total	426.00	1,556.0

VPN (combustible) – En '901Costos locales.xls' se estimó el costo por el consumo de electricidad del trolebús (EUA$69.0 millones para 2002-2010) y el costo por el consumo de diesel para autobuses (EUA$412.8 millones). Pero estos datos están basados en la estimación indirecta del uso de electricidad del trolebús, y debemos buscar otro dato más real del uso de electricidad del trolebús. El ahorro por consumo evitado de diesel es EUA$343.8 millones. En COMETRAVI, hay información que el perÍodo de recuperación es de 20 años (notas de cálculo) y 30 años (Estudio 4). Con una vida útil supuesta para el trolebús de 25 años se obtuvo un valor de recuperación en 2010 de EUA$1,333.4 millones. El valor presente neto (combustible) es EUA$193.2 millones (tasa de descuento del 9%). No incluimos los costos de inversiones para autobuses según la suposición que el Metro reempleza autobuses viejos.

VPN (todo) – En el documento de COMETRAVI, se calculó un VPN de MEX$3,214 millones (/9.5=EUA$338.3 millones, que incluye el ahorro de tiempo y usa un tasa de descuento de 12%. Falta información sobre otros costos y ahorros de operación y mantenimiento.

Nivel Máximo – COMETRAVI planea estas inversiones entre 1998 y 2010, y puede ser más que 1.0, dado que será posible construir más líneas. Se supondrá un nivel máximo de 1.5.

Emisiones de GEI – Del archivo 'Costos locales.xls', las emisiones por el consumo de electricidad del trolebús son de 948,915 tonCO_2 (2002-2010) y por los autobuses sustituidos son de 3,279,194 tonCO_2 en el período de 2002-2010. Para el mismo período, las reducciones de emisiones son de 2,330,279 tonCO_2. El ahorro de CO_2 en 2010 es 517,840 tonCO_2/año. Se debe investigar más sobre la eficiencia de diesel, y el consumo de electricidad de un trolebús.

T27b Tren ligero

COMETRAVI – Medida 12

Emisiones locales – De PROAIRE y de COMETRAVI se tiene que las reducciones de emisiones para el tren ligero son:

HC	CO	NOx	SO_2	PM_{10}
1,864	6,186	4,631	60	228

Estas emisiones son para 74 km de tren ligero. Si se dividen dicha reducciones por los factores de COMETRAVI (gr/km-bus evitado), el número promedio de bus-km evitados es 188.5 millones en un año al fin del proyecto (2010 o 2020) o 2.55 millones bus-km evitados en un año por km de tren ligero (188.5 millones bus-km / 74 km tren ligero).

Costo de inversión– Para el tren ligero, COMETRAVI reporta una inversión pública de MEX$12,802 millones (/9.5 = EUA$1,348 millones). El VPN en COMETRAVI es MEX$3,946 (/9.5 = EUA$415 millones) e incluye el ahorro de tiempo y usa una tasa de descuento de 12%. El costo por km tren ligero es EUA$1,348 millones / 74 km = EUA$18.2 millones/ km. Se debe corregir el costo de inversión en dólares de 1998 a 2002.

Costo anual – basado en el calendario en PROAIRE.

Año	Km	Costo EUA$ millones $_{pub}$
2002	0	0
2003	9.25	168.5
2004	9.25	168.5
2005	9.25	168.5
2006	9.25	168.5
2007	9.25	168.5
2008	9.25	168.5
2009	9.25	168.5
2010	9.25	168.5
Total	74.00	1,348.0

VPN (combustible) – En '901Costos locales.xls' se calculó el costo por el consumo de electricidad del tren ligero (EUA$26.6 millones para 2002-2010) y el costo por el consumo de diesel para autobuses (EUA$129.7 millones). El ahorro de combustible es $103.1 millones. Estos datos están basados en la estimación indirecta del uso de electricidad del tren ligero, y es necesario buscar una cifra más real del uso de electricidad del tren ligero. En COMETRAVI, hay información que el periodo de recuperación es 20 años (notas de cálculo) y 30 años (Estudio 4). Con una vida útil supuesta de la inversión de 25 años, se obtuvo un valor de recuperación en 2010 de EUA$1,109.0 millones. El valor presente neto es EUA$311.6 millones (tasa de descuento 9%). No incluimos los costos de inversiones para autobuses según la suposición que el Metro reempleza autobuses viejos.

VPN (todo) – El VPN reportado en el documento de COMETRAVI, MEX$3,946 (/9.5 = EUA$415 millones, incluye el ahorro de tiempo y usa un tasa de descuento de 12%. Falta información sobre otros costos y ahorros de operación y mantenimiento.

Nivel Máximo – COMETRAVI planea realizar 30 km entre 2001 y 2010 y 44 km entre 2011 y 2020, puede ser más que 1.0, dado que será posible construir más líneas. Se supondrá el nivel máximo de 1.2.

Emisiones de GEI – Las emisiones por el consumo de electricidad del tren ligero son de 366,300 tonCO_2 (2002-2010). Las emisiones por los autobuses evitados son de 1,030,173 tonCO_2 en el período de 2002-2010. Las reducciones (2002-2010) son 663,873 tonCO_2. En el año 2010, las reducciones son de 147,527 tonCO_2/año.

T28 – Localización de Taxis en Bases

Descripción – PROAIRE dice que van a instalar 2,500 bases en la Ciudad. COMETRAVI considera que el programa se aplicará a 52,000 taxis.

COMETRAVI – Medida 31.

Emisiones locales – PROAIRE reporte reducciones de 4,69 ton HC /año; 6,048 ton CO /año; 115 ton NOx /año; 12 ton SO_2 /año y 0 ton PM_{10}/año, que son las mismas que COMETRAVI (1999).

Podemos dividir las emisiones de COMETRAVI por los factores de emisiones reportadas en COMETRAVI Vol. 5 Anexo 2 (uso particular y taxis: 3.40 g HC /km; 46.3 g CO/km; 1.4 g NOx /km). Los resultados de cada contaminante son: 139 millones taxi-km/año (HC); 131 millones taxi-km/año (CO); 82 millones taxi-km/año (NOx). Usamos 131 millones taxi-km/año (/2500 bases = 52,400 taxi-km/año por base). Esto es una reducción de taxi-km de alrededor de 2%.

Costo de inversión– En PROAIRE aparece un costo de MEX$130 millones de inversión privada (/9.5 = EUA$13.7 millones). Esto es el mismo costo que aparece en COMETRAVI. Se debe estimar el costo de inversión (1998) a $ equivalente al año 2002.

Costo anual – basado en el calendario en PROAIRE

Año	Bases nuevos	Costo EUA$ millones $_{priv}$
2002	833	4.57
2003	834	4.57
2004	833	4.57
2005	0	0
2006	0	0
2007	0	0
2008	0	0
2009	0	0
2010	0	0
Total	2,500	13.7

VPN (combustible) – El ahorro de gasolina entre 2002 y 2010 se estimó en EUA$53.2 millones. Suponemos que la vida útil de una base de taxis es 20 años, y usando esto, el valor de recuperación en 2010 es EUA$9.8 millones. El VPN (combustible) es –EUA$29.3 millones (ahorro en neto, tasa de descuento 9%).

VPN (todo) – Es posible que haya un ahorro adicional de mantenimiento para los vehículos debido a la reducción de km recorridos. COMETRAVI reporta un VPN de MEX$1,615 millones (/9.5=EUA$170 millones), pero no es claro porque el VPN es mucho más grande que la inversión.

Nivel Máximo – PROAIRE dice que todos los taxis de Edo. México están en bases. En DF, hay 103,000 taxis en total, y PROAIRE dice que hay 10% en bases ahora, y por eso hay alrededor de 90,000 taxis que no están en bases. COMETRAVI dice que la medida se aplica a 52,000 taxis, y que la inversión se hará entre 1998 y 2000. El nivel máximo puede ser de 1.73 (90000/52000), pero el máximo factible probablemente es menor, como 1.5.

Emisiones de GEI – Usando factores de PICC (2.234 kgCO_2/lt gaso.) la reducción en emisiones CO_2 es de 292,654 ton acumuladas (2002-2010). Las emisiones evitadas en 2010 son 36,582 tonCO_2/año.

T33- Promoción de rutas directas o exprés, locales y metropolitanas

Descripción – Establecer rutas de transporte público con servicio exprés local y metropolitano a fin de evitar paradas excesivas con el consecuente consumo de combustible y reducir tiempos de traslado de pasajeros. Los beneficios serán la disminución de la pérdida de horas/hombre, ahorro en tiempos de traslado y reducción de emisiones de contaminantes.

COMETRAVI – M28

Emisiones locales – PROAIRE no reporta reducciones de emisiones de contaminantes. En COMETRAVI se estimaron las reducciones para un umbral máximo de 300 km: 73 ton HC /año; 116 ton CO /año; 156 ton NOx /año; 1 ton SO_2/año. Para PM_{10} no hay estimaciones.

Los km-buses evitados/año en 2010 es de 7.02 millones o 23,400 km-buses por cada km (7.02 millones /300 km de ruta exprés), con base a la información de COMETRAVI – FE de 8.08 g HC /km; 24.97 g CO /km; 21.1 g NOx /km).

Costo de inversión– En PROAIRE no hay una estimación del costo, pero COMETRAVI reporta una inversión privada de MEX$300 millones (/9.5 = EUA$31.58 millones) y un valor presente neto de MEX$1,110 (/9.5=EUA$116.8 millones) para 300 km de ruta. Cada kilómetro de ruta exprés, local y metropolitana tendrá un costo de EUA$31.58 millones / 300 km = EUA$0.105 millones / km. Se debe estimar el costo de inversión (1998) a $ equivalente al año 2002.

Costo anual – basado en el calendario en PROAIRE

Año	Km	Costo EUA$ millones $_{priv}$
2002	0	0
2003	37.5	3.95
2004	37.5	3.95
2005	37.5	3.95
2006	37.5	3.95
2007	37.5	3.95
2008	37.5	3.95
2009	37.5	3.95
2010	37.5	3.95
Total	300.0	31.60

VPN (combustible) – La reducción de emisiones de esta medida resulta de la reducción en los km recorridos y un aumento en la velocidad. Consideramos aquí que toda la reducción de emisiones viene de la reducción en los km recorridos. Falta información sobre las emisiones como función de velocidad. Estimamos una disminución de uso de diesel de EUA$4.8 millones en neto (2002-2010). Se supuso una vida útil de la inversión de 25 años, y se obtuvo un valor de recuperación es EUA$27.1 millones. El VPN (combustible) es EUA$5.3 millones (tasa de descuento 9%).

VPN (todo) – El VPN de MEX$1,110 (/9.5=EUA$116.8 millones) reportado en el documento de COMETRAVI, incluye el ahorro de tiempo y usa un tasa de descuento de 12%). Falta información sobre otros costos y ahorros de operación y mantenimiento.

Nivel Máximo – >1.0 dado que será posible instrumentar más kilómetros de ruta metropolitana. La inversión en COMETRAVI es entre 1998 y 2000. Suponemos un nivel máximo de 2.0.

Emisiones de GEI – Según la suposición del punto anterior, estimamos una reducción en emisiones de CO_2 de 38,324 tonCO_2 para 2002-20108 y de 517 tonCO_2/año en 2010.

T35- Promoción de la gestión y coordinación para la pavimentación de vialidades en zonas marginadas de la ZMVM

Descripción – Algunas vialidades que funcionan como vías secundarias en zonas marginadas de los municipios conurbados de la ZMVM, carecen de pavimento. El paso de los vehículos sobre éstas y la acción del viento contribuyen a la generación de partículas suspendidas. La instrumentación de esta medida se realizará en coordinación con autoridades estatales y municipales.

COMETRAVI – M6

Emisiones locales – PROAIRE no reporta reducciones de emisiones de contaminantes. En COMETRAVI se estimaron las reducciones para un umbral máximo de 500 km: 1,335 ton HC /año; 15,575 ton CO /año; 130 ton NOx /año; 805 ton/ PM_{10}año. No hay estimaciones para SO_2.

Con esta medida se evitarían 364.52 millones km-auto al año 2010 o 729,040 km-auto por cada km de vía pavimentada (364.52 millones/500 km), con información de COMETRAV – FE de 3.4 g HC /km; 46.3 g CO /km y 1.4 g NOx /km.

Costo de inversión– En PROAIRE no se reporta el costo de la medida; COMETRAVI da una inversión pública de MEX$1,149 millones (/9.5 = EUA$121 millones) y un VPN de MEX$6,613 millones (/9.5=EUA$696.1 millones). Estas cantidades son para 500 km por lo que cada kilómetro de calle pavimentada tendrá un costo de EUA$0.24 millones (EUA$121 millones / 500 km). Se debe estimar el costo de inversión (1998) a $ equivalente al año 2002.

Costo anual – basado en el calendario en PROAIRE

Año	Km	Costo EUA$ millones $_{pub}$
2002	0	0
2003	62.5	15.12
2004	62.5	15.12
2005	62.5	15.12
2006	62.5	15.12
2007	62.5	15.12
2008	62.5	15.12
2009	62.5	15.12
2010	62.5	15.12
Total	500.0	120.96

VPN (combustible) – La reducción de emisiones de esta medida resulta del aumento en la velocidad. Consideramos aquí que toda la reducción de emisiones viene de la reducción de km recorridos. Falta información sobre las emisiones como función de la velocidad. Según esta suposición, hay un ahorro de EUA$83.2 millones por el menor consumo de gasolina. Suponemos que la vida útil de la pavimentación es de 15 años y con esta suposición, el valor de recuperación en 2010 será de EUA$89.9 millones. El VPN (combustible) es -EUA$13.3 millones (ahorro en neto, tasa de descuento 9%).

VPN (todo) – En el documento de COMETRAVI, se reporta un VPN de MEX$6,613 millones (/9.5=EUA$696.1 millones que incluye el ahorro de tiempo y usa un tasa de descuento de 12%). No se sabe porque este VPN es más grande que la inversión directa. Falta información sobre otros costos y ahorros de operación y mantenimiento.

Nivel Máximo – >1.0 dado que será posible instrumentar más kilómetros de calles pavimentadas. La inversión en COMETRAVI es entre 1998 y 2010. Suponemos un nivel máximo de 2.0, y puede ser mucho mayor si hay más calles que pavimentar.

Emisiones de GEI – Según la suposición anterior, el ahorro de CO_2 es 101,792 ton CO_2/año en 2010. Para 2002-2010, el ahorro es 485,065 ton CO_2.

T36- Fomento a la gestión y coordinación para la construcción de anillos y libramientos en la ZMVM.

Descripción – Ofrecer vías alternas para evitar cruzar la ZMVM y distribuir el tránsito de largo itinerario que no tiene como destino la zona metropolitana, mediante la construcción de libramiento, destacando la Autopista Atizapán – Venta de Carpio y sus ramales a Huehuetoca y Ecatepec; asimismo se analizará la factibilidad de construir en el mediano plazo la autopista Venta de Carpio – Texcoco – Chalco y la Autopista Chalco – Nepantla, las cuales en conjunto conformarán una parte del Anillo Transmetropolitano. Los beneficios serán los ahorros en tiempos de traslado y menor desgaste y consumo de combustible en los vehículos, y reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera.

COMETRAVI – M8

Emisiones locales – PROAIRE no reporta reducciones de emisiones de contaminantes. En COMETRAVI se estimaron las reducciones para un umbral máximo de 241 km: 1,388 ton HC /año; 15,085 ton CO /año; 981 ton NOx /año. Para SO_2 y PM_{10} no hay estimaciones.

Podemos dividir las emisiones de COMETRAVI por los factores de emisión para autos de (3.4 g HC /km; 46.3 g CO /km; 1.4 g NOx /km). El promedio es de 375.66 millones km-auto evitados/año en 2010 y 1'558,763 km-auto por cada km de vía pavimentada (75.66 millones/241 km).

Costo de inversión– En PROAIRE no hay una estimación del costo, pero COMETRAVI reporta una inversión privada de MEX$4,993 millones (/9.5 = EUA$525.6 millones) y un valor presente neto de -MEX$2,505 millones (ahorro en neto, /9.5 = -EUA$263.7 millones). Cada kilómetro de anillo o libramiento tendrá un costo de EUA$525.6 millones / 241 km = EUA$2.18 millones/km. Se debe estimar el costo de inversión (1998) a $ equivalente al año 2002.

Costo anual – basado en el calendario en PROAIRE

Año	Km	Costo EUA$ millones $_{priv}$
2002	0	0
2003	30.125	65.70
2004	30.125	65.70
2005	30.125	65.70
2006	30.125	65.70
2007	30.125	65.70
2008	30.125	65.70
2009	30.125	65.70
2010	30.125	65.70
Total	241.000	525.60

VPN (combustible) – La reducción de emisiones de esta medida resulta de la reducción en los km recorridos y un aumento en la velocidad. Consideramos aquí que toda la reducción de emisiones viene de la reducción en los km recorridos. Falta información sobre las emisiones como función de velocidad. Según esta suposición, el ahorro de gasolina es EUA$85.8 millones. Suponemos que la vida útil de la inversión es 25 años, y usando esto, el valor de recuperación es EUA$450.4 millones. El VPN (combustible) es EUA$84.2 millones (tasa de descuento 9%).

VPN (todo) – En el reporte de COMETRAVI, se estimó un VPN de -MEX$2,505 millones (ahorro en neto, /9.5 = -EUA$263.7 millones, que incluye el ahorro de tiempo y usa un tasa de descuento de 12%). No se sabe porqué este VPN es negativo. Falta información sobre otros costos y ahorros de operación y mantenimiento.

Nivel Máximo – Puede ser mas grande que 1.0 si es posible construir más anillos. En COMETRAVI, la inversión se hará entre 2000 y 2010. Podemos suponer un nivel máximo de 1.5.

Emisiones de GEI – Según la suposición anterior, para 2002-2010 las emisiones de CO_2 son 472,066 ton CO_2 y en 2010 serán de 104,904 ton CO_2/año.

I1- Reconversión energética en la industria

NO SE INCLUYE ESTA MEDIDA DADO QUE NO HAY INFORMACION SUFICIENTE.

Descripción – Reducción de las emisiones de contaminantes mediante la *sustitución de combustibles de alto contenido de azufre y reconversión tecnológica*. Para iniciar con esta reconversión energética se estima que, de acuerdo a la ubicación de las industrias que están cerca de las líneas actuales de distribución, alrededor de 300 (para más exactitud 334) industrias consumen diesel, gasóleo y combustóleo como energéticos y tienen posibilidades de cambiar su combustible por gas natural.

Emisiones locales – En las hojas de cálculo de J. Sarmiento se utilizaron los mismos FE para combustóleo, diesel y gasóleo, lo cual no es del todo cierto sobre todo respecto al combustóleo, asimismo se utilizó la misma relación (PC de gas natural/PC combustóleo, gasóleo y diesel).

Las reducciones reportadas en PROAIRE corresponden a las reducciones para el año 2005 que se estimaron en la hoja de cálculo de J. Sarmiento: 1,015 toneladas de NOx, 4,190 toneladas de SO_2 y 8 toneladas de PM_{10}. Hay datos para CO y HC en las hojas de cálculo y no fueron reportadas en PROAIRE.

Por consideraciones propias y de acuerdo con la hoja de cálculo de J. Sarmiento, dejando pendiente corregir los FE, las reducciones para al año 2010 serían de: 1,258 toneladas de NOx; 5,137 toneladas de SO2; 9.18 toneladas de PM10; 439 toneladas de CO y 93.40 toneladas de HC.

Costo de inversión– En PROAIRE no hay una estimación del costo. Un primer costo sería la diferencia de precios del combustóleo, diesel y gasóleo contra el de gas natural. Otra consideración es el costo que cada industria tendrá que hacer al adaptar sistemas de reconversión energética. Checar datos de las termoeléctricas.

Costo anual –

Costo neto – Se necesita saber cuanto $ se ahorra por la sustitución de combustibles con mayor azufre por el gas natural.

Costo Nivelado -

Nivel Máximo – > 1.0 Para el inventario de 1998 se consideraron 6,233 industrias. Es necesario saber si aparte de las 334 industrias consideradas para esta medidas, hay más industrias que utilicen combustibles que puedan ser sustituidos por gas natural.

Emisiones de GEI – Si habrá impacto en las emisiones de CO_2 debido al cambio de combustibles fósiles por gas natural. FE CO_2- combustóleo 77,367 kg/TJ; FE CO_2-diesel 74,067 kg/TJ; FE CO_2-gasóleo 74,067 kg/TJ; FE CO_2-gas natural 56,100 kg/TJ.

PREGUNTAS

Costo neto – Investigar el costo que cada industria tendrá que hacer al adaptar sistemas extras por la sustitución a gas natural. Checar datos de las termoeléctricas.

I2a- Control de emisiones de HC en el sector industrial

Descripción – Reducir las emisiones de HC generados en procesos industriales en el sector industrial (99 industrias), mediante la incorporación de tecnologías más limpias (Adsorción), las cuales reducirán el 80% de las emisiones de HC. Tomando como base el inventario de emisiones para el año 1998 se determinó que más de 200 industrias pueden participar en la aplicación de esta medida; las cuales, de acuerdo al tipo de contaminante, generan 5,497 ton/año de HC.

Emisiones locales – En las hojas de cálculo de J. Sarmiento no se presentan FE para procesos.

Las reducciones reportadas en PROAIRE corresponden a las reducciones para el año 2005 que se estimaron en la hoja de cálculo de J. Sarmiento: 5,953 toneladas de HC. Las reducciones correctas al año 2010 son:7,392 toneladas de HC.

Costos de inversión– PROAIRE reporta que la reducción de 5,953 ton de HC tiene un costo privado de EUA$1.2 millones considerando un costo de EUA$2,000 por ton reducida. La inversión inicial es incorrecta ya que EUA$2,000*5,953= 12 millones, lo cual fue aprobado y confirmado por el Ing. Jorge Sarmiento. Para los controles de NO_X suponemos que este costo es el VPN, dividido por las emisiones acumuladas sobre la vida del equipo. Usando una vida útil de 10 años para el equipo (basado en conversación con una empresa de México), el VPN es:

(EUA$2,000/ton) * (7,392 ton HC/año) * 10 años = EUA$147.8 millones.

Si suponemos que el costo es la mayor parte de este VPN y que la inversión viene al principio del periodo, el costo de inversión será igual al VPN. Dado que la vida útil es 10 años, suponemos que no necesitamos corregir el valor de recuperación de la inversión, lo cual será complicado para esta medida. Se debe investigar más la magnitud del costo de inversión relativo a los otros costos.

Nivel Máximo – El nivel máximo para reducir 80% de todas las emisiones de la industria (23,980 ton), excepto la generación eléctrica (48 ton) sería = (23,980-48 ton/año) * 0.8 / 5,953 ton/año = 3.2. Pero la cantidad de emisiones de proceso es menor que esta – podemos considerar el máximo factible como 1.6. ¿Cuantas emisiones industriales son de proceso?

Emisiones de GEI – Se supondrá que el dispositivo de adsorción de HC no afecta la emisión de CO_2, por lo que el HC se convierte a CO_2 en la atmósfera.

I2b- Control de emisiones de PM_{10} en el sector industrial

Descripción – Reducir en 80% las emisiones de PM_{10} generadas en los procesos industriales, mediante la incorporación de tecnologías más limpias. Tomando como base el inventario de emisiones para el año 1998 se determinó que más de 200 industrias pueden participar en la aplicación de esta medida; las cuales, de acuerdo al tipo de contaminante, generan 88 ton/año de PM_{10}.

Emisiones locales – En PROAIRE se reportan reducciones de 95 toneladas de PM_{10} al año 2010 (En las hojas de cálculo de J. Sarmiento no se presentan cálculos).

Costo de inversión – Se estima que la reducción de 95 ton de PM_{10} para el 2010 tiene un costo para la iniciativa privada de EUA$28,000 o EUA$293/tonelada reducida. Para este cálculo se consideraron filtros de tela para PM_{10}. Similar al control de NO_X, suponemos que este costo es el VPN, dividido por las emisiones acumuladas sobre la vida del equipo. Se consideró 10 años de vida útil del equipo, por lo que el VPN estimado es:

(EUA$293/ton) * (95 ton HC/año) * 10 años = EUA$0.3 millones.

Si suponemos que el costo de inversión es la mayor parte de este VPN, y que la inversión viene al principio del periodo, el costo de inversión será igual al VPN. Dado que la vida útil es 10 años, suponemos que no necesitamos corregir el valor de recuperación de la inversión, lo cual sería complicada para esta medida. Se investigará más sobre la magnitud del costo de inversión relativo a los otros costos.

Nivel Máximo – El nivel máximo sería para reducir 100% (filtros son eficientes) de todas las emisiones de la industria, excepto la generación eléctrica = (3,093-138 ton/año) / 95 ton/año = 31.1. Pero la cantidad de emisiones de combustión es menor que esta cifra – podemos considerar el máximo factible como 3. ¿Cuantas emisiones industriales provienen de la combustión?

Emisiones de GEI – Los filtros no afectan la emisión de CO_2. Al consumo de combustible para la red de empresas que generan NOx se le aplica el FE de CO_2.

I2c- Control de emisiones de NOx en el sector industrial

Descripción – Reducir en 35% las emisiones de los NOx generados por combustión en el sector industrial, mediante la incorporación de tecnologías más limpias (Quemadores de bajos NOx). Tomando como base el inventario de emisiones para el año 1998 se determinó que más de 200 industrias pueden participar en la aplicación de esta medida; las cuales, de acuerdo al tipo de contaminante, generan 3,235 ton/año de NOx.

Emisiones locales – En las hojas de cálculo de J. Sarmiento se consideran 108 industrias y se utilizaron factores de emisión para gas lp (FE 2.52 kg/m^3) y gas natural (FE 3,000-1,600 kg/millón de m^3). Las reducciones reportadas en PROAIRE de 1,532 toneladas de NOx, corresponden a las reducciones para el año 2005 que se estimaron en la hoja de cálculo de J. Sarmiento. La reducción correcta al año 2010 es de 1,901.18 toneladas

Costos de inversión– En PROAIRE se estima que la reducción de 1,532 toneladas de NOx, tiene un costo de 2.7 millones de dólares para la iniciativa privada y un costo unitario de 1,755 dólares/tonelada. Para este cálculo se consideraron quemadores de bajo NOx. Este costo unitario es similar a la información del reporte de NESCAUM (Dic. 2000, en la red), que dice menor que EUA$2,000/ton NO_X. Según Praveen Amar (NESCAUM) este costo es el VPN, dividido por las emisiones acumuladas sobre la vida del equipo. Usaron 10 años para el análisis económico, basado en un conversación con alguien de empresa en México. Suponemos que la vida es 10 años, y usando esto, el VPN es:

(EUA$1755/ton) * (1901 ton NOX/año) * 10 años = EUA$33.4 millones.

Si suponemos que el costo de inversión es la mayor parte de este VPN, y que la inversión viene al principio del periodo, el costo de inversión será igual con el VPN. Dado que la vida útil es 10 años, suponemos que no necesitamos corregir para el valor de recuperación de la inversión, cual será poco complicada para esta medida. Se investigará más sobre la magnitud del costo inversión relativo a los otros costos.

Nivel Máximo – El nivel máximo sería para reducir 35% (de hoja de cálculo) de todas las emisiones de industria (excepto la generación eléctrica) = (26,988-9,540 ton/año) / 1,901 ton/año = 9.2. Todas las emisiones de NOx deben venir de la combustión, pero es posible que la medida no sea costo-efectiva para las industrias pequeñas – podemos considerar el máximo factible como 2.5. ¿Podemos usar quemadores de bajo NOx, al mismo costo, para más empresas?

Emisiones de GEI – El PICC (Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual, p. 1.59) reporta que los quemadores de bajo-NO_X en industrias tienen un pérdida de 0.25% de eficiencia. Se estimó el uso de combustible y emisiones de CO_2 en la hoja de cálculo '901Costos locales.xls', usando información de las industrias de la hoja de cálculo de J. Sarmiento (hay error en esta hoja, y el uso de GLP está reportada en unidades de lt, no m^3). Con lo anterior y la proyección de industrias con quemadores de bajo NO_X, se estimó un aumento de 40,876 ton CO_2 entre 2002 y 2010. El aumento en CO_2 en 2010 es 6,904 tonCO_2/año.

I3- Instrumentación de Programas de Producción más Limpia

NO SE INCLUYE ESTA MEDIDA DADO QUE NO HAY INFORMACION SUFICIENTE.

Descripción: Promover programas de ecoeficiencia y de ahorro de energía en la industria, como una herramienta que permita la reducción de emisiones mediante la aplicación de tecnologías limpias. Actualmente existe una serie de herramientas que, aplicadas adecuadamente, pueden contribuir significativamente a la reducción y control de la contaminación atmosférica de la ZMVM, atendiendo al aspecto preventivo, como son los sistemas de administración ambiental, la evaluación del ciclo de vida de productos y procesos, el ecodiseño, el etiquetado ambiental y la contabilidad total de costos.

Emisiones locales – El PROAIRE estima una reducción anual de aproximadamente 2 ton de PM_{10} , 2 ton de SO_2, 26 ton de CO, 51 ton de NOx y 3 ton de HC, de las hojas de J Sarmiento se observa que estas son reducciones sólo para el año 2005. Sin embargo en la tabla "Resumen de la reducción de emisiones y costos de las medidas" del mismo PROAIRE, para la medida se reporta una reducción de 18 ton/año de PM10; 18 ton/año de SO2; 234 ton/año de CO; 459 ton/año de NOx y 27 ton/año de HC. Estas reducciones son la suma de 2003 a 2010.

En las hojas de cálculo de J. Sarmiento se consideraron 444 industrias. La línea base se estimó multiplicando las emisiones de 1998 por 1.42 para proyectarlas sucesivamente hasta el 2010. Las reducciones por la aplicación de la tecnología de producción más limpia se estimaron como las emisiones de línea base por un factor de 25% a partir del año 2003.

Costo de inversión– En PROAIRE no está estimado

Costo anual –

Costo neto –
Costo Nivelado -

Nivel Máximo – =1.0 Medida compleja que depende de los criterios de las industrias.

Emisiones de GEI –

PREGUNTAS

Costo neto –

I7- Disminucion de emisiones generadas por las plantas de energía eléctrica situadas en la ZMVM – Quemadores de bajo-NO_X en Unidades 3 y 4 de Jorge Luque

Descripción – Disminuir la emisión de contaminantes por la generación de energía eléctrica en la ZMVM mediante la aplicación de tecnologías más eficientes. En PROAIRE, esta medida incluye 6 actividades en particular. Usamos el documento de Morales (Ing. Ricardo Morales Diaz, "Identificación de barreras y oportunidades para reducir emisiones de gases efecto invernadero y de contaminantes locales con prioridad en las emisiones de NOX en termoeléctricas de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México", Sept. 2001), para obtener más información cuantitativa sobre las opciones. Esta documento incluye quemadores de bajo NO_X en las unidades 1 y 2 de Jorge Luque, y la repotenciación de la unidad 4 de Valle de México. La repotenciación de la unidad 4 de Valle de México está incluida en PROAIRE, pero hay falta de datos en el estudio para estimar las emisiones de esta medida. También la repotenciación va a incrementar la capacidad de esta planta, y por eso, es difícil estimar. PROAIRE considera quemadores de bajo NO_X en las unidades 3 y 4 de Jorge Luque, dado que ya instalaron sistemas de recirculación en unidades 1 y 2. Usamos la información de las unidades 1 y 2 para estimar los costos y emisiones para las unidades 3 y 4.

Emisiones locales – PROAIRE estima que con la implementación de quemadores de bajo NO_X, se dejarían de emitir alrededor de 4,000 ton NO_X /año. Parece que esto es estimado usando las emisiones totales de las plantas (alrededor de 10,000 ton NO_X / año), multiplicado por un reducción de 40% a causa de las quemadores. Pero algunas unidades de las dos plantas ya instalaron medidas para reducir emisiones – en las unidades 1 y 2 de Jorge Luque se instalaron sistemas de recirculación, y la unidad 4 de Valle de México ya toma acciones para reducir emisiones.

Estimamos las emisiones de quemadores de bajo NO_X en unidades 3 y 4 de Jorge Luque, usando información de unidades 1 y 2 de Jorge Luque, del documento Morales. El documento Morales dice que las emisiones de Jorge Luque son 2,437.5 ton NO_X / año. Estimamos las emisiones de unidades 3 y 4 usando la capacidad de las diferentes unidades (unidades 1 y 2 son 32 MW cada uno, y unidades 3 y 4 son 80 MW cada uno). Las emisiones de las unidades 3 y 4 son 2,437.5 ton NO_X / año * (160 MW / 224 MW) = 1,741 ton NO_X / año. Según el PICC, los quemadores de bajo NO_X retrofit en generadores de gas tienen una reducción en emisiones de 50%. Usando esta cifra, estimamos que la reducción de emisiones será de 871 ton NO_X / año.

Costos de inversión – El documento Morales da un costo de inversión en quemadores de bajo NO_X para unidades 1 y 2 de MEX$39.9 millones (/9.5 = EUA$4.2 millones). Corregimos este costo por la capacidad de las diferentes unidades, y para el costo relativo de calderas de las diferentes unidades (MEX$200/MW para 32 MW y MEX$150/MW para 80 MW). El costo para unidades 3 y 4 es:

EUA$4.2 millones * (160 MW / 64 MW) * ($150 / $200) = EUA$7.88 millones.

Según la tabla de ejecución en PROAIRE, suponemos que la inversión para la Unidad 3 será en 2002 (EUA$3.94 millones) y la inversión para la Unidad 4 será en 2004.

VPN – El cambio de uso de combustible debe ser muy pequeño (ver el cálculo para la medida I2c), y por eso, el VPN (combustible) debe ser el costo de inversión menos el valor de recuperación en 2010. Usamos una vida útil de 10 años, que es la misma que para quemadores de bajo NO_X en la industria. Usando esto, el valor de recuperación en 2010 será

de EUA$1.94 millones. El VPN (combustible) es EUA$6.28 millones. No tenemos información sobre otros cambios de operación y mantenimiento y por eso, no podemos estimar el VPN (todo).

Nivel Máximo – El nivel máximo es 1.0, dado que no estamos seguros de si los quemadores de bajo NO_X tendrán el mismo efecto en las otras unidades con otros controles.

Emisiones de GEI – El PICC (Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual, p. 1.59) reporta que los quemadores de bajo-NO_X en los generadores causan una pérdida de 0.25% de eficiencia. El reporte de Morales dice que el consumo de gas natural es 390 millones m^3 / año, y para las unidades 3 y 4 es 390 * (160 MW / 224 MW) = 278.6 millones m^3 / año, si la eficiencia y el uso de las unidades es el mismo. El incremento en emisiones de CO_2 es:

278.6 millones m_3 / año * (0.0025) * (1.813 kg CO_2 / m_3) * (1 ton / 1000 kg)
= 1263 ton CO_2 / año.

S1 – Reducción de emisiones de hidrocarburos en lavanderías de lavado en seco

Descripción – Impulsar el uso de sistema cerrado en el proceso de lavado, centrifugado y secado, para reducir la emisión de hidrocarburos, hasta en un 90%.

Banco Mundial – Medida D.10

Emisiones locales – Las reducciones en PROAIRE son de 6,000 ton/año (388 máquinas X 16 ton/maq.). El equipo de J. Sarmiento estimaron reducciones de 2,828 ton HC para 174 máquinas – pero no usaron esta información en el documento final.

Costo de inversión– PROAIRE dice que usan EUA$25,000 por máquina (el mismo costo unitario que reporta el Banco Mundial). La inversión privada total en PROAIRE es (388 máquinas) x (EUA$25,000 / máquina) = EUA$9.7 millones.

Costo anual - Se espera el mismo número de máquinas cada año desde 2002-2010. El nivel máximo es 388 en total (/9) = 43.1 máquinas por año (sin considerar que la medida aplica sólo al 60% y no al 100%). 43.1 * EUA$25,000 = EUA$1,078,000 por año.

VPN (combustible) – Hay ahorros en el uso de percloroetileno (menos fugas) y ahorro por mantenimiento. Los dos ahorros unitarios provienen del reporte de Banco Mundial - EUA$387.51 / ton percloroetileno (sin impuesto), y por mantenimiento hay un ahorro de EUA$406.74 por máquina por año. El ahorro de percloroetileno es EUA$11.6 millones. Suponemos que la tecnología tiene una vida útil de 15 años por lo que el valor de recuperación es de EUA$7.0 millones. El VPN (combustible) considera que el ahorro de percloroetileno es –EUA$3.9 millones (ahorro en neto, tasa de descuento 9%).

VPN (todo) – Usando los datos de Banco Mundial, el ahorro por mantenimiento es EUA$0.8 milliones. El VPN (todo) es –EUA$4.4 milliones (ahorro en neto, tasa de descuento 9%).

Nivel Máximo – Hay error en PROAIRE si la hoja de cálculo de J. Sarmiento es verdadera– el nivel máximo debe ser 290 máquinas. Por esto, el nivel máximo es 0.75 (290/388).

Emisiones de GEI – Solo es cambio de percloroetileno y no hay cambio de uso de energía o de combustión. El percloroetileno no tiene valor de Global Warming Potential, y por eso, podemos usar la cantidad de equivalentes de carbono (percloroetileno es C_2Cl_4), el número de toneladas de percloroetileno acumulada (21,931 ton, de hoja de cálculo) es:

(21,931 ton HC) * (2*44/161.8) = 11,928 ton CO_2 (2002-2010)

En 2010 será:

(6,000 ton HC) * (2*44/161.8) = 3,263 ton CO_2/año

S4 – Reducción de emisiones por fugas de Gas LP en instalaciones domésticas de la ZMVM

Esto es viejo. Sustituimos esta medida de PROAIRE con las 4 medidas de TUV. Según J. Sarmiento, esta medida de PROAIRE es para cambiar los picteles. Las emisiones estimadas son parecidas a las del TUV para 1 millón de instalaciones, pero el costo es menor. En nuestro cálculo de costo para LPG1, se estimó el costo considerando el calendario de implementación y que es necesario cambiar los picteles cada dos años (según TUV) – sin cambiar los picteles otras veces, las emisiones en 2010 son menores.

Descripción – Abatir las emisiones de hidrocarburos generadas por las fugas de gas LP en instalaciones domésticas. En total hay 3.3 millones de tanques portátiles que tienen emisiones de 16,317 ton/año de HCs. Hay más emisiones de HCs de tanques estacionarios y de estufas y HC no quemados, que no son incluidos en esta medida. Se cambian 1 millón de instalaciones (tanques) en total (111,111 por año para 9 años).

Banco Mundial – Medida D.11

Emisiones locales – PROAIRE reporta una reducción de 5,181 ton / año en 2010 (igual que J. Sarmiento), debido al cambio de 1 millón de instalaciones (tanques) en total (111,111 por año para 9 años) y la suposición de que el tanque nuevo no tiene ninguna emisión y que cumpliría un 100% de eficiencia por toda su vida.

Costo de inversión – El costo de inversión privada total de PROAIRE es EUA$50 millones. Si dividimos EUA$50 millones/ 1 millón de instalaciones, se obtiene EUA$50 por instalación. El Banco Mundial reporta un costo unitario de tanque portátil de EUA$63 / tanque (EUA$119 / tanque estacionario).

Costo anual - (111,111 tanques por año) * EUA$50/tanque = EUA$5.6 millones.

Costo total– Hay ahorro de dinero por la reducción de las fugas de GLP. El costo unitario de GLP sin impuesto es EUA$408.6 / ton (del reporte de Banco Mundial). En total, las fugas de GLP que se evitan desde 2002 a 2010 son de 25,904 toneladas. 25,904 ton * EUA$408.6 / ton = EUA$10.6 millones. El costo neto de 2002-2010 (Considerando esta reducción de emisiones) es EUA$39.4 millones.

Costo Nivelado - Se estimó un costo de EUA$4.5 millones por año para 9 años. El VPN es EUA$27.0 millones (tasa de descuento de 9%) y estos costos incluyen el ahorro de dinero de evitar las fugas de GLP.

Nivel Máximo – El nivel máximo en total será 3.345 (3.345 millones de tanques en 2001 / 1 millón en la medida). Será posible que en realidad el nivel máximo factible sea casi 3.

Emisiones de GEI – No hay cambios de combustión, y por eso las emisiones de GLP son los equivalentes de carbono en el GLP. GLP es 61% propano y 39% butano. Emisiones evitadas acumuladas (2002-2010) es (el número de toneladas de GLP acumulada es de hoja de cálculo):

(25904 ton HC) * (0.61) * (44/44) * 3 + (25904) * (0.39) * (44/58) * 4 = 78,060 ton CO_2 (2002-2010)

LPG1 – Reducción de fugas de Gas LP en instalaciones domésticas -cambio de picteles-

Usamos esta medida para S4 de PROAIRE

Descripción – Cambiar los picteles de GLP en instalaciones domésticas. En el estudio de TUV, se presenta un costo unitario de MEX$105 por instalación, y que estos picteles tienen una vida de 2 años.

Emisiones locales – Del reporte TUV, (Etapa i, página 5), el cambio de picteles se aplica a 1'586,909 instalaciones en la ZMVM, y para este número de instalaciones, hay una reducción de HC de 8,460.55 ton/año. Las emisiones evitadas son 0.00533 ton HC/año por instalación.

NOTA: Consideramos una base de 1 millón de instalaciones en 2010, que es el mismo nivel que la medida S4 de PROAIRE. Para 1 millón de instalaciones, las emisiones evitadas de HC son 5,331 ton/año (parecido a S4 de PROAIRE).

Costo de inversión – Para el costo de 1 millón de instalaciones, necesitamos considerar el reemplazo de instalaciones cada 2 años. Consideramos una agenda para 111,111 nuevas instalaciones cada año (como en S4 de PROAIRE). En la hoja de cálculo '901Costos locales.xls', se estimó que se necesitan 2.78 millones de instalaciones nuevas en total. Usando el costo unitario (MEX$105/9.5=EUA$11.05), obtenemos un costo de inversión total de EUA$30.7 millones.

VPN – Para el costo neto se consideró el costo evitado por el ahorro de GLP y se usó MEX$4.9 / kg GLP del estudio TUV. El ahorro de GLP es EUA$13.7 millones (sin descuento). Se estimó un VPN de EUA$11.2 millones (9% tasa de descuento). No hay otros gastos o ahorros, y por eso, el VPN (combustible) y el VPN (todo) son los mismos. No hay valor de recuperación en 2010, dado que la vida útil es 2 años.

Nivel Máximo – Según TUV, hay un máximo de 1.59 millones de instalaciones, con este dato se obtuvo un nivel máximo de 1.6.

Emisiones de GEI – No hay cambios de combustión, y por eso las emisiones de GLP son los equivalentes de carbono en el GLP. GLP es 61% propano y 39% butano. Emisiones evitadas acumuladas (2002-2010) es (el número de toneladas de GLP acumulada es de hoja de cálculo):

(26650 ton HC) * ((.61) * (44/44) * 3 + (.39) * (44/58) * 4) = 80,308 ton CO_2 (2002-2010)

Para 2010, las emisiones de CO_2 evitadas son:

(5331 ton HC) * ((.61) * (44/44) * 3 + (.39) * (44/58) * 4) = 16,064 ton CO_2/año

LPG2 – Reducción de fugas de Gas LP en instalaciones domésticas -cambio de reguladores-

Descripción – Cambiar los reguladores de GLP en instalaciones domésticas. En el estudio TUV, se presenta un costo unitario de MEX$190 por instalación y estos reguladores tienen una vida de 5 años.

Emisiones locales – Del reporte TUV, (Etapa i, pagina 5), el cambio de reguladores se aplica a 336,583 instalaciones en la ZMVM, y para este número de instalaciones, hay una reducción de HC de 4675.64 ton/año. Las emisiones evitadas son 0.01389 ton HC/año por instalación.

Costo de inversión– Para el costo de 336,583 de instalaciones, es necesario considerar el reemplazo de instalaciones cada 5 años. Se asumió una calendarización de 37,398 nuevas instalaciones cada año. En la hoja de cálculo "Costos reducción locales.xls", se estimó que según esta agenda, se necesitan 486,174 instalaciones nuevas en total. Con el costo unitario (MEX$190/9.5=EUA$20), se obtiene un costo de inversión total de EUA$9.72 millones.

VPN – Para el costo neto, se consideró el costo evitado de ahorro de GLP (Costos reducción locales.xls). Usamos MEX$4.9 / kg GLP del estudio TUV. El ahorro de GLP es EUA$12.06 millones (sin descuento). Se estimó un VPN de -EUA$1.2 millones (ahorro en neto; 9% tasa de descuento). No hay otros gastos o ahorros, y por eso, el VPN (combustible) y el VPN (todo) son los mismos. No hay valor de recuperación en 2010, dado que la vida útil es 5 años.

Nivel Máximo – Según TUV, el máximo es 1.0.

Emisiones de GEI – No hay cambios de combustión, y por eso las emisiones de GLP son los equivalentes de carbono en el GLP. GLP es 61% propano y 39% butano. Emisiones evitadas acumuladas (2002-2010) es (el número de toneladas de GLP acumulada es de hoja de cálculo):

(23376 ton HC) * ((.61) * (44/44) * 3 + (.39) * (44/58) * 4) = 70,442 ton CO_2 (2002-2010)

Para 2010, las emisiones de CO_2 evitadas son:

(4676 ton HC) * ((.61) * (44/44) * 3 + (.39) * (44/58) * 4) = 14,091 tonCO_2/año

LPG3 – Reducción de fugas de Gas LP en instalaciones domésticas -sustitución de conexiones-

Descripción – Sustituir los conexiones de GLP en instalaciones domésticas. En el estudio de TUV se presenta un costo unitario de MEX$240 por instalación y estos reguladores tienen una vida útil de 5 años.

Emisiones locales – Del reporte TUV (Etapa i, pagina 5), la sustitución de conexiones aplica a 961,667 instalaciones en la ZMVM y para este número de instalaciones, hay una reducción de HC de 8,907.22 ton/año. Las emisiones evitadas son 0.00926 ton HC/año por instalación.

Costo de inversión– Para el costo de 961,667 de instalaciones, es necesario considerar el reemplazo de instalaciones cada 5 años. Se considera una calendarización de 106,852 nuevas instalaciones cada año. En la hoja de cálculo '901Costos locales.xls', se estimaron 1,389,076 instalaciones nuevas necesarias en total. Con el costo unitario (MEX$240/9.5=EUA$25.26) se obtuvo un costo de inversión total de EUA$35.09 millones.

VPN – Para el costo neto se consideró el costo evitado de ahorro de GLP. Usamos MEX$4.9 / kg GLP del estudio TUV. El ahorro de GLP es EUA$22.97 millones (sin descuento). Estimamos el VPN de EUA$10.5 millones (9% tasa de descuento). No hay otros gastos o ahorros, y por eso, el VPN (combustible) y el VPN (todo) son los mismos. No hay valor de recuperación en 2010, dado que la vida útil es de 5 años.

Nivel Máximo – Según TUV, el máximo es 1.0.

Emisiones de GEI – No hay cambios de combustión, y por eso las emisiones de GLP son los equivalentes de carbono en el GLP. GLP es 61% propano y 39% butano. Las emisiones evitadas acumuladas (2002-2010) serán (el número de toneladas de GLP acumulada es de hoja de cálculo):

(44525 ton HC) * ((.61) * (44/44) * 3 + (.39) * (44/58) * 4) = 134,174 ton CO_2 (2002-2010)

Para 2010, las emisiones de CO_2 evitadas serán:

(8905 ton HC) * ((.61) * (44/44) * 3 + (.39) * (44/58) * 4) = 26,835 tonCO_2/año

LPG4 – Reducción de fugas de Gas LP en instalaciones domésticas -clausura de pilotos-

Descripción – Clausurar los pilotos en estufas de GLP en instalaciones domésticas. Según el documento TUV, estos son para las estufas con pilotos apagados y tapados (blocked). Se usaron datos del estudio TUV, que da un costo unitario de MEX$75 por instalación y una vida larga, más el costo de 3 encendedores por año (MEX$64.5 por año).

NOTA: Será difícil saber cuantos pilotos están apagados y tapados. Para considerar la clausura de pilotos encendidos, se tiene el beneficio de la reducción de CO_2, sin reducción en hidrocarburos. No se consideró la clausura de pilotos encendidos en esta medida.

Emisiones locales – Del reporte TUV, (Etapa i, pagina 5), la sustitución de conexiones aplica a 912,511 instalaciones en la ZMVM, y para este número, hay una reducción de HC de 4401.03 ton/año. Las emisiones evitadas son 0.00482 ton HC/año por instalación.

Costo de inversión – Para el costo de 912,511 de instalaciones, es necesario considerar el costo de clausura en el primer año, y el costo de encendedores cada año. Consideramos una agenda de 101,390 nuevas instalaciones cada año. En la hoja de cálculo '901Costos locales.xls', se consideraron los costos de clausura y de encendidos para obtener un costo de inversión total de EUA$38.18 millones.

VPN – Para el costo neto, se consideró el costo evitado de ahorro de GLP. Se utilizó MEX$4.9 / kg GLP del estudio TUV. El ahorro de GLP es EUA$11.34 millones (sin descuento). Se estimó un VPN de EUA$17.6 millones (9% tasa de descuento). No hay otros gastos o ahorros, y por eso, el VPN (combustible) y el VPN (todo) son los mismos. No hay valor de recuperación en 2010, dado que la vida útil es corto.

Nivel Máximo – Según TUV, el máximo es 1.0.

Emisiones de GEI – No hay cambios de combustión, y por eso las emisiones de GLP son los equivalentes de carbono en el GLP. GLP es 61% propano y 39% butano. Las emisiones evitadas acumuladas (2002-2010) serán (el número de toneladas de GLP acumulada es de hoja de cálculo):

(21991 ton HC) * ((.61) * (44/44) * 3 + (.39) * (44/58) * 4) = 66,193 ton CO_2 (2002-2010)

Para 2010, las emisiones de CO_2 evitadas serán:

(4401 ton HC) * ((.61) * (44/44) * 3 + (.39) * (44/58) * 4) = 13,262 ton CO_2/año

SOL1 – Calentadores solares de agua en viviendas.

Descripción – En el estudio de Quintanilla se analizó la introducción de calentadores como complemento de los calentadores de GLP existentes, en 320 viviendas horizontales (160 en DF, 160 en Estado de México). Para viviendas verticales y edificios de departamentos, la relación B/C es similar, y se puede considera que estos están incluidos en la medida, con un aumento del nivel máximo. NOTA: Se considera que el proyecto público se multiplica por 10 en el archivo "base de datos" – y es necesario multiplicar por 10 todos los números aquí.

Emisiones locales – Las reducciones estimadas en el estudio arriba mencionado son de 15,390 ton equivalentes CO_2 en 20 años. En 9 años, serían 6,926 ton CO_2. En un año, eso es 796.5 ton CO_2. Con las relaciones de emisiones anuales CO/CO_2 y NO_X/CO_2 (Tablas 4 y 5), se estimó en el presente análisis el NO_X de 0.57 ton/año y CO de 0.12 ton/año. En el estudio de referencia no se reportaron emisiones de HCs. Se puede utilizar la relación entre HCs y NO_X de la combustión habitacional del inventario de emisiones ZMVM 1998: 0.57 ton/año NO_X (166/4417) = 0.02 ton/año HCs.

Costos de inversión – La tabla 49 reporta un costo sin financiamiento (valor presente sobre 20 años) de MEX$7,865,541 (/9.5=EUA$0.828 millones). Se consideró que el VP del costo es igual al costo en el documento (EUA$0.828 millones), dado que todos las inversiones son al principio del proyecto.

VPN - Estimaciones propias del ahorro de combustible usando la relación B/C en Tabla 4 (5.5): MEX$7,865,541 x (5.5) = MEX$43,260,476 (/9.5=EUA$4.554 millones). Usan un tasa de descuento de 11% y 20 años en el estudio. El la hoja de cálculo de '901Costos locales.xls', se estimó que el ahorro de combustible anual es EUA$0.515 millones. NOTA: esta reporte usa costos unitarios de combustibles diferentes a los que se usaron en medidas anteriores en este trabajo. Usando una vida útil de 20 años, estimamos que el valor de recuperación en 2010 es EUA$0.566 millones. El VPN (combustible), incluyendo el valor de recuperación es -EUA$2.823 millones (ahorro en neto, tasa de descuento 9%. No hay otros gastos o ahorros, y por eso, el VPN (combustible) y el VPN (todo) son los mismos.

Nivel Máximo – El reporte de Quintanilla dice que el máximo factible con respaldo existente es 186,000 m^2. Para la medida se consideraron 1,760 m^2 para 320 viviendas (Tabla 49). 186,000/1,760 = 106, que se refiere a 34,000 viviendas.

SOL2 – Calentadores solares de agua en hoteles.

Descripción – En el estudio de Quintanilla se analizaron 16 hoteles que usan diesel y GLP, y tienen sistemas convencionales además de los solares.

Emisiones – Las reducciones reportadas son de 8205 ton/año CO_2, 1.663 ton/año CO, 8.164 ton/año NO_X, y 39 kg/año CH_4. El CO_2 equivalente para 20 años de vida es 166,383 ton CO_2 equivalente. 8205x20años = 164,100 ton y por eso, el CO_2 es la mayor parte del CO_2 equivalente. Para 9 años (2002-2010), la reducción en CO_2 equivalente es 74,872 ton. Las emisiones de HCs no son reportadas. Utilizando la relación entre HCs y NO_X de la combustión habitacional del inventario de emisiones ZMVM 1998 se tiene: 8.164 ton/año NO_X (166/4417) = 0.31 ton/año HCs.

Costos de inversión – Para esta medida, el Estudio reporta un costo sin financiamiento (valor presente sobre 20 años) de MEX$73,528,000 (/9.5=EUA$7.740 millones). Se consideró que el VP del costo es igual al costo en el documento (EUA$7.740 millones), dado que todos las inversiones son al principio del proyecto.

VPN – Del estudio, el ahorro de combustible es MEX$453,187,000 (/9.5=EUA$47.704 millones), y usan un tasa de descuento de 11% y 20 años en el estudio. El la hoja de cálculo de '901Costos locales.xls', se estimó que el ahorro de combustible anual es EUA$5.397 millones. NOTA: esta reporte usa costos unitarios de combustibles diferentes a los que se usaron en medidas anteriores en este trabajo. Usando una vida útil de 20 años, estimamos que el valor de recuperación en 2010 es EUA$5.29 millones. El VPN (combustible), incluyendo el valor de recuperación es -EUA$30.18 millones (ahorro en neto, tasa de descuento 9%. No hay otros gastos o ahorros, y por eso, el VPN (combustible) y el VPN (todo) son los mismos.

Nivel Máximo – El Estudio de Quintanilla dice que hay 610 hoteles en el DF, por lo que el nivel máximo será 610/16=38, y será más grande si consideramos el Estado de México. El máximo factible en 'Quintanilla' es 15,800 m^2 por factor de 4.2 a 5.3. Estimamos que los 22 hospitales usan 16,200 m^2. Con esta información, se estimó un nivel máximo entre 4.1 y 5.2, y se utilizó 4.6.

SOL3 – Calentadores solares de agua en hospitales.

Descripción – En el estudio de Quintanilla se analizaron 22 hospitales que usan diesel diesel principalmente y GLP y gas natural, y tienen sistemas convencionales además que los solares.

Emisiones – Se reportan reducciones en emisiones anuales de 13,029 ton/año CO_2; 2.758 ton/año CO; 11.374 ton/año NO_X y 56 kg/año CH_4. El CO_2 equivalente para 20 años de vida es 260,922 ton. 13,029x20años = 260,580 ton y por eso, el CO_2 es la mayor parte del CO_2 equivalente. Para 9 años (2002-2010), la reducción en CO_2 equivalente es 117,415 ton CO_2. Las emisiones de HCs no so reportadas en el estudio de Quintanilla, pero con la relación entre HCs y NO_X de la combustión en hospitales del inventario de emisiones ZMVM 1998: 11.374 ton/año NO_X (3/80) = 0.43 ton/año HCs.

Costos de inversión – Para esta medida, el Estudio reporta un costo sin financiamiento (valor presente sobre 20 años) de MEX$117,185,000 (/9.5=EUA$12.335 millones). Se consideró que el VP del costo es igual al costo en el documento (EUA$12.335 millones), dado que todos las inversiones son al principio del proyecto.

VPN – Del estudio, el ahorro de combustible es MEX$681,108,000 (/9.5=EUA$71.696 millones), y usan un tasa de descuento de 11% y 20 años en el estudio. El la hoja de cálculo de '901Costos locales.xls', se estimó que el ahorro de combustible anual es EUA$8.111 millones. NOTA: esta reporte usa costos unitarios de combustibles diferentes a los que se usaron en medidas anteriores en este trabajo. Usando una vida útil de 20 años, estimamos que el valor de recuperación en 2010 es EUA$8.44 millones. El VPN (combustible), incluyendo el valor de recuperación es -EUA$44.90 millones (ahorro en neto, tasa de descuento 9%. No hay otros gastos o ahorros, y por eso, el VPN (combustible) y el VPN (todo) son los mismos.

Nivel Máximo – El estudio de Quintanilla dice que hay 1,702 hospitales en la ZMVM, por lo que el nivel máximo será 1702/22=77. El máximo factible en Quintanilla es 23,000 m^2 por factor de 3 a 5. Estimamos que los 22 hospitales usan 26,000m^2. Usando esta información, se estimó un nivel máximo entre 2.7 y 4.4, y se usó 3.6.

SOL4 – Calentadores solares de agua en baños públicos.

Descripción: En el estudio de Quintanilla se analizó un proyecto piloto de 6 baños. Hay falta de información económica para el estudio de 133 baños. Los baños usan gasóleo principalmente y GLP y diesel, y tienen sistemas convencionales de calentamiento además de los solares.

Emisiones locales – El Estudio antes mencionado reporta reducciones en emisiones anuales de 785 ton CO_2/año. Para 133 baños, reporta 15,326 ton/año CO_2, 3 ton/año CO, 13.3 ton/año NO_X. Para 6 baños, se estimaron las reducciones de CO y NO_X como función del CO_2: 0.15 ton/año CO y 0.68 ton/año NO_X. Para 9 años (2002-2010), la reducción en CO_2 equivalente es 7,065 ton CO_2. Las emisiones de HCs no so reportadas en el Estudio. Con la relación entre HCs y NO_X de la combustión comercial del inventario de emisiones ZMVM 1998 se obtiene: 0.68 ton/año NO_X (149/2720) = 0.04 ton/año HCs.

Costos de inversión – Para esta medida piloto de 6 baños, se reporta un costo sin financiamiento (valor presente sobre 20 años) de MEX$5,598,000 (/9.5=EUA$0.589 millones). Se consideró que el VP del costo es igual al costo en el documento (EUA$0.589 millones), dado que todos las inversiones son al principio del proyecto.

VPN – Estimamos un ahorro por combustible usando la relación B/C de: EUA$0.589 x 5.46 = EUA$3.218 millones, cual supone un tasa de descuento de 11% y 20 años en el estudio. El la hoja de cálculo de '901Costos locales.xls', se estimó que el ahorro de combustible anual es EUA$0.364 millones. NOTA: esta reporte usa costos unitarios de combustibles diferentes a los que se usaron en medidas anteriores en este trabajo. Usando una vida útil de 20 años, estimamos que el valor de recuperación en 2010 es EUA$0.403 millones. El VPN (combustible), incluyendo el valor de recuperación es -EUA$1.99 millones (ahorro en neto, tasa de descuento 9%. No hay otros gastos o ahorros, y por eso, el VPN (combustible) y el VPN (todo) son los mismos.

Nivel Máximo – En el estudio de Quintanilla se da un nivel máximo factible de 12,234 m^2. Esta medida considera 11,870 m^2. Por eso el nivel máximo es 1.03 (12234/11870).

HYB1 – Autobuses híbridos para RTP - SKI

Descripción – Usamos datos de autobuses híbridos del reporte para el Banco Mundial, para considerar el reemplazo de autobuses de RTP. Eso es modelado exactamente en la misma manera como la medida V22 de PROAIRE (autobuses de GNC), usando costos unitarios y emisiones del documento.

Emisiones locales – Calculamos los emisiones locales en la hoja de calculo 'HYB.xls', cual es una copia de la hoja del grupo J. Sarmiento para V22. Cambiamos unicamente los factores de emision. La reducción de emisiones estimada con respecto a la línea base de autobuses al año 2010 será de 922 ton/año en NOx, 712 ton/año de CO, 334 ton/año de HC y 84 ton/año de PM_{10}.

Las hojas de cálculo asumen que la distribución de edad es la misma en cada año.

Costo de inversión – El costo unitario del reporte Banco Mundial es $295,000 para esta autobus. La inversion total es EUA$295,000/bus * 1029 buses = EUA$303.6 millones

Costo anual -

Año	Autobuses quitan diesel	Vehículos nuevos HYB	EUA$ millones
2001	257	257	75.82
2002	257	257	75. 82
2003	258	258	76.10
2004	257	257	75.82
2005	0	0	0
2006	0	0	0
2007	0	0	0
2008	0	0	0
2009	0	0	0
2010	0	0	0
Total	1,029	1,029	303.56

VPN (combustible) – En el estudio de autobuses híbridos, usan factores de uso de combustible que tienen relaciones diferentes entre los autobuses que los factores de emisiones de CO_2. Usamos diferentes factores en la misma manera. El ahorro de uso de combustible es –EUA$2.5 millones (sin descuento). Usamos una vida útil de 10 años (COMETRAVI), y con esto el valor de recuperación en 2010 es EUA$56.5 millones. El VPN (combustible) es EUA$258.7 millones, tasa de descuento 9%.

VPN (todo) – El reporte de autobuses híbridos tiene información que podemos usar para estimar el VPN (todo).

Nivel Máximo – RTP tenía 985 autobuses en 2000, y por eso, se supondrá que con esta medida se va a reemplacar todo el número de autobuses de RTP. El nivel máximo es 1.0.

Emisiones de GEI – Usando factores de emisión de CO_2 del reporte, se obtuvo un ahorro de 98,433 tonCO_2/año en 2010.

HYB2 – Autobuses híbridos para RTP – Marco Polo

Descripción – Usamos datos de autobuses híridos del reporte para el Banco Mundial, para considerar el reemplazo de autobuses de RTP. Eso es modelado exactamente en la misma manera como la medida V22 de PROAIRE (autobuses de GNC), usando costos unitarios y emisiones del documento.

Emisiones locales – Calculamos los emisiones locales en la hoja de calculo 'HYB.xls', cual es una copia de la hoja del grupo J. Sarmiento para V22. Cambiamos únicamente los factores de emisión. La reducción de emisiones estimada con respecto a la línea base de autobuses al año 2010 será de 1,064 ton/año en NOx, 760 ton/año de CO, 362 ton/año de HC y 96 ton/año de PM_{10}.

Las hojas de cálculo asumen que la distribución de edad es la misma en cada año.

Costo de inversión – El costo unitario del reporte Banco Mundial es $295,000 para esta autobus. La inversion total es EUA$195,000/bus * 1029 buses = EUA$200.7 millones

Costo anual -

Año	Autobuses quitan diesel	Vehículos nuevos HYB	EUA$ millones
2001	257	257	50.12
2002	257	257	50.12
2003	258	258	50.31
2004	257	257	50.12
2005	0	0	0
2006	0	0	0
2007	0	0	0
2008	0	0	0
2009	0	0	0
2010	0	0	0
Total	1,029	1,029	200.67

VPN (combustible) – En el estudio de autobuses híbridos, usan factores de uso de combustible que tienen relaciones diferentes entre los autobuses que los factores de emisiones de CO_2. Usamos diferentes factores en la misma manera. El ahorro de uso de combustible es EUA$56.6 millones (sin descuento). Usamos una vida útil de 10 años (COMETRAVI), y con esto el valor de recuperación en 2010 es EUA$37.4 millones. El VPN (combustible) es EUA$129.5 millones, tasa de descuento 9%.

VPN (todo) – El reporte de autobuses híbridos tiene información que podemos usar para estimar el VPN (todo).

Nivel Máximo – RTP tenía 985 autobuses en 2000, y por eso, se supondrá que con esta medida se va a reemplacar todo el número de autobuses de RTP. El nivel máximo es 1.0.

Emisiones de GEI – Usando factores de emisión de CO_2 del reporte, se obtuvo un ahorro de 86,426 tonCO_2/año en 2010.

HYB3 – Autobuses híbridos para RTP – TRANSTEQ

Descripción – Usamos datos de autobuses híbridos del reporte para el Banco Mundial, para considerar el reemplazo de autobuses de RTP. Eso es modelado exactamente en la misma manera como la medida V22 de PROAIRE (autobuses de GNC), usando costos unitarios y emisiones del documento.

Emisiones locales – Calculamos los emisiones locales en la hoja de calculo 'HYB.xls', cual es una copia de la hoja del grupo J. Sarmiento para V22. Cambiamos únicamente los factores de emisión. La reducción de emisiones estimada con respecto a la línea base de autobuses al año 2010 será de 906 ton/año en NOx, 703 ton/año de CO, 331 ton/año de HC y 83 ton/año de PM_{10}.

Las hojas de cálculo asumen que la distribución de edad es la misma en cada año.

Costo de inversión – El costo unitario del reporte del Banco Mundial es $475,000 para esta autobus. La inversión total es EUA$475,000/bus * 1029 buses = EUA$488.8 millones

Costo anual -

Año	Autobuses quitan diesel	Vehículos nuevos HYB	EUA$ millones
2001	257	257	122.08
2002	257	257	122.08
2003	258	258	122.55
2004	257	257	122.08
2005	0	0	0
2006	0	0	0
2007	0	0	0
2008	0	0	0
2009	0	0	0
2010	0	0	0
Total	1029	1,029	488,79

VPN (combustible) – En el estudio de autobuses híbridos, usan factores de uso de combustible que tienen relaciones diferentes entre los autobuses que los factores de emisiones de CO_2. Usamos diferentes factores en la misma manera. El ahorro de uso de combustible es EUA$2.7 millones (sin descuento). Usamos una vida útil de 10 años (COMETRAVI), y con esto el valor de recuperación en 2010 es EUA$91.0 millones. El VPN (combustible) es EUA$411.7 millones, tasa de descuento 9%.

VPN (todo) – El reporte de autobuses híbridos tiene información que podemos usar para estimar el VPN (todo).

Nivel Máximo – RTP tenía 985 autobuses en 2000, y por eso, se supondrá que con esta medida se va a reemplacar todo el número de autobuses de RTP. El nivel máximo es 1.0.

Emisiones de GEI – Usando factores de emisión de CO_2 del reporte, se obtuvo un ahorro de 96,058 tonCO_2/año en 2010.

HYB4 – Autobuses híbridos para RTP – ORION

Descripción – Usamos datos de autobuses híbridos del reporte para el Banco Mundial, para considerar el reemplazo de autobuses de RTP. Eso es modelado exactamente en la misma manera como la medida V22 de PROAIRE (autobuses de GNC), usando costos unitarios y emisiones del documento.

Emisiones locales – Calculamos las emisiones locales en la hoja de calculo 'HYB.xls', cual es una copia de la hoja del grupo J. Sarmiento para V22. Cambiamos únicamente los factores de emision. La reducción de emisiones estimada con respecto a la línea base de autobuses al año 2010 será de 364 ton/año en NOx, 399 ton/año de CO, 219 ton/año de HC y 50 ton/año de PM_{10}.

Las hojas de cálculo asumen que la distribución de edad es la misma en cada año.

Costo de inversión – El costo unitario del reporte Banco Mundial es $475,000 para esta autobus. La inversion total es EUA$475,000/bus * 1029 buses = EUA$488.8 millones

Costo anual -

Año	Autobuses quitan diesel	Vehículos nuevos HYB	EUA$ millones
2001	257	257	122.08
2002	257	257	122,08
2003	258	258	122.55
2004	257	257	122.08
2005	0	0	0
2006	0	0	0
2007	0	0	0
2008	0	0	0
2009	0	0	0
2010	0	0	0
Total	1029	1,029	488.79

VPN (combustible) – En el estudio de autobuses híbridos, usan factores de uso de combustible que tienen relaciones diferentes entre los autobuses que los factores de emisiones de CO_2. Usamos diferentes factores en la misma manera. El ahorro de uso de combustible es EUA$31.8 millones (sin descuento). Usamos una vida útil de 10 años (COMETRAVI), y con esto el valor de recuperación en 2010 es EUA$91.0 millones. El VPN (combustible) es EUA$391.0 millones, tasa de descuento 9%.

VPN (todo) – El reporte de autobuses híbridos tiene información que podemos usar para estimar el VPN (todo).

Nivel Máximo – RTP tenía 985 autobuses en 2000, y por eso, se supondrá que con esta medida se va a reemplacar todo el número de autobuses de RTP. El nivel máximo es 1.0.

Emisiones de GEI – Usando factores de emisión de CO_2 del reporte, se obtuvo un ahorro de 9.631 tonCO_2/año en 2010.

Appendix B
Calculation notes on the costs and emissions reductions of the GHG mitigation measures.

El anexo B está integrado en tres secciones. La primera sección presenta un panorama de las tecnologías de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en los principales sectores que contribuyen a su producción (*sector energético, forestal, agrícola y transporte*). El objetivo de esta parte es presentar al lector las tecnologías y/o medidas de mitigación de GEI más representativas en los sectores mencionados.

La segunda parte presenta la información de algunas tecnologías de mitigación de reducción de emisiones de GEI analizadas en México, que sirven de base para el cálculo de las reducciones globales y locales del presente estudio. En esta sección se muestra la metodología, así como las principales consideraciones de los autores como un complemento al presente estudio.

En la tercera sección empleamos algunas de las medidas de reducción de emisiones de GEI descritas en la segunda sección, para el cálculo de la reducción de emisiones locales en la ZMVM. En esta sección se muestran las principales consideraciones para cuantificar las emisiones de GEI y de contaminantes locales del presente estudio en la Zona Metropolitana del Valle de México.

Sección 1:
Tecnologías de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero.

a) Tecnologías de mitigación de GEI en el sector energético

Las medidas en el sector energético que pueden reducir las emisiones de GEI incluyen: un uso eficiente, la sustitución de combustibles y el incremento del uso de los materiales en la manufactura de los productos finales e intermedios para reducir el consumo energético.

La eficiencia energética es la categoría más importante en la mitigación de GEI. Existen diversas tecnologías y practicas que pueden garantizar el incremento de la eficiencia energética en el sector energético e industrial. Los cambios menores de operación, como el mantenimiento preventivo son típicamente métodos económicos, fáciles de implantar y con menores riesgos; sin embargo éstos se han enfocado en los procesos con menores costos y consumos de energía. Cambios de equipos de producción (*p.ej. motores industriales eficientes*) y de producción *(p.ej. sistemas de cogeneración*) requieren de grandes inversiones, típicamente de millones de dólares, y pueden o no justificarse económicamente. Los cambios mayores en los procesos requieren, en la mayoría de las veces, construir nuevas instalaciones y edificaciones que no se tienen contempladas en la relación costo / beneficio.

Los proyectos de mitigación en el sector energía e industrial pueden agruparse en dos categorías:

- Acciones para las cuales los ahorros en el consumo de la energía son el criterio dominante, y
- Acciones para las cuales la eficiencia de producción y la calidad del producto son los criterios dominantes.

Los primeros pueden ser llamados como opciones “costo-energéticas” las segundas como opciones “costo-no energéticas”.

Las opciones costo energéticas incluyen:

- Medidas que incrementen la eficiencia energética de las instalaciones existentes
- La producción y uso de equipos más eficientes, y
- La sustitución de combustibles.

Las opciones de eficiencia energética son aplicables en casi todas las ramas del sector energético e industrial. Estas opciones usualmente tienen beneficios adicionales a la reducción del consumo y de los costos de energía, lo que puede ser significativo para su adopción.

Algunos ejemplos de medidas que pueden garantizar el incremento de la eficiencia en plantas industriales son:

- Mantenimiento del equipo
- Sistemas de manejo energético
- Sistemas para incrementar el desempeño de transmisión mecánica
- Incremento del aprovechamiento del vapor
- Cogeneración industrial.
- Recuperación de calor.

Las opciones costo no energéticas incluyen

- Mayores modificaciones a la capacidad de producción existente y,
- La adición de nueva capacidad de producción que incorpore tecnología de punta (*state of the art*).

Estas opciones son usualmente específicas a industrias específicas. El incremento de uso de las materias primas (a través del reciclaje y mejoras en el proceso) pueden considerarse en esta categoría:

b) Tecnologías de mitigación de GEI en el sector forestal

El potencial de mitigación en el sector forestal pueden clasificarse en dos tipos:

- El primero está relacionado con el incremento de la capacidad de captura de carbón en el suelo, vegetación y productos madereros.
- El segundo está relacionado con el mantenimiento de la capacidad existente a través de la reducción de la deforestación, protección forestal, una conversión más eficiente y un mejor uso de los productos forestales.

A pesar de que las medidas anteriormente descritas son un medio eficiente de mitigación de GEI, puede ser difícil su implantación debido al uso alternativo del suelo, como consecuencia de su costo comercial (*p.ej. para construcciones en sustitución de productos madereros*)

Otro método para reducir las emisiones de carbono es el uso de la madera obtenida en plantaciones forestales, como sustituto de combustibles fósiles y para productos madereros.

Las opciones de mantenimiento de la capacidad de almacenamiento (*stock)* se refieren a aquellas medidas que están dirigidas a la conservación de las áreas forestales:

- Protección y conservación forestal
- Incremento de la eficiencia en el manejo forestal, cosecha y utilización de productos
- Alternativas bioenergéticas

Las opciones de expansión de los sumideros de carbono deben identificarse en función del uso de la biomasa o del uso del suelo. Los usos incluyen los productos forestales como combustibles, madera de construcción, pulpa y papel, y servicios forestales para recreación, protección del suelo y reducción de emisiones a través de sustitución de combustibles fósiles. El uso final de la biomasa es determinante para determinar los flujos de carbono, los costos y beneficios, así como las posibilidades de implementación de las opciones específicas. Entre las principales acciones de expansión de sumideros se encuentran:

- Aforestación
- Reforestación
- Regeneración
- Opciones agroforestales

c) Tecnologías de mitigación en el sector agrícola

Una de las fuentes de metano es el ganado, el cual es producido por la fermentación entérica y a través de la fermentación anaeróbica del estiércol. Las emisiones de la fermentación entérica dependen de la edad del animal, peso, dieta, producción de leche, digestibilidad del alimento, ingesta energética, entre los más importantes. Las emisiones del estiércol dependen de la cantidad y contenido energético del alimento, de la humedad, temperatura y de los sistemas de manejo.

El área de forraje requerida por animal depende del tipo de suelo, el clima, la disponibilidad de agua, y el manejo del alimento. Un factor que determina la producción de metano es la productividad del animal; las emisiones de metano se reducen con el incremento de la productividad del animal.

Las opciones de mitigación de metano se basan en:

- El mejoramiento de la alimentación del ganado
- La producción de leche
- La adición de agentes para evitar parásitos en el alimento
- La adición complementos al alimento

Existen diversos métodos para aprovechar el biogás del estiércol para la producción de energía. La selección depende del clima, del manejo local y de las fuentes de financiamiento.

Algunos de los beneficios relacionados con la recuperación del biogás son la reducción de los problemas ambientales y humanos asociados con el estiércol como los son: los organismos patógenos, olores desagradables. Otro de los beneficios es la transformación del nitrógeno orgánico en nitrógeno inorgánico, proporcionando un fertilizante de alta calidad.

Algunos de los métodos para la recuperación del biogás son las lagunas de recuperación y los digestores.

En las lagunas cubiertas se utilizan grandes cantidades de agua. La fermentación de la mezcla de agua y estiércol en condiciones adecuadas de temperatura y de pH producen grandes cantidades de metano. Los climas cálidos son ideales para este tipo de sistemas. Los digestores son grandes contenedores en los cuales se mezclan agua con estiércol.

El costo de recuperación del biogás depende de la cantidad de biogás recuperado, de los costos de capital, de los costos de operación y mantenimiento y de los sistemas de control. El biogás recuperado puede satisfacer la demanda de energía de la granja; como combustible de calderas, motores de combustión interna, entre otras máquinas térmicas.

d) Tecnologías de mitigación en el sector transporte

La demanda de transporte se incrementa con el crecimiento de la economía de país. El análisis de las alternativas de mitigación deben de considerar las proyecciones a corto (una década) y largo plazo (mayores a una década).

El sector transporte está compuesto por una serie de actividades a diferentes escalas geográficas: urbanas, regionales, nacionales e internacionales. Para analizar estas actividades es importante considerar los siguientes aspectos:

- Demanda proyectada de viajes de pasajeros y de transporte de mercancías
- Cambio de la actividad económica
- Precios de los combustibles
- Mezcla de tecnologías de transporte
- Manejo logístico
- Manejo del transporte
- Planeación del transporte

Algunas de las opciones de mitigación en el sector transporte pueden agruparse en la siguiente clasificación:

<u>Incremento de la eficiencia</u>

Reducir el peso del vehículo, resistencia, mejorar la eficiencia térmica de los motores de combustión, mejoras en la transmisión y en algunos vehículos el cambio de combustibles (camiones pesados de gasolina a diesel)

<u>Sustitución de combustibles con menores emisiones</u>

Lo anterior se refiere a la sustitución de derivados del petróleo como energético por gas natural, metanol, etanol, electricidad o biocombustibles, con el propósito de reducir las emisiones a la atmósfera por unidad de servicio (vehículo-kilómetro-pasajero; tonelada-kilómetro de mercancía). Las acciones de implantación deben incluir medidas para garantizar la producción y distribución del combustible, para garantizar la disponibilidad de vehículos, y para mantener los vehículos y los sistemas de suministro de combustibles con las condiciones de operación.

<u>Incremento de la eficiencia de los sistemas</u>

Algunas de las medidas dentro de éste apartado son: el mejoramiento del flujo vehicular (incrementando los señalamientos de tránsito, limitar el acceso a una determinada cantidad

de vehículos a rutas, etc.); incrementar el factor de uso de los vehículos; cambiar rutas o calendarios programados de tránsito de vehículos; mejorar el mantenimiento de los vehículos, incrementar el desempeño de los sistemas, e integrar planes para crecimientos esperados de flota vehicular.

Promover el uso de medios de transporte con menores emisiones

Dentro de éste rubro se encuentran la promoción de zonas específicas para bicicletas, transporte público y transporte de mercancías;

Manejo de la demanda de transporte

Planear el uso del suelo para reducir la necesidad de transporte motorizado, cambiar los puntos de peaje a aquellos que generen menor tráfico, incrementar los sistemas de entrega de servicios, expandir y descentralizar los servicios públicos para reducir la longitud de los viajes. El manejo de la demanda puede afectar la planeación del uso del suelo para reducir la longitud y frecuencia de los viajes.

Sección 2:
Tecnologías de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero en México

Las tecnologías de reducción de emisiones de GEI que se analizaron en el proyecto "Control conjunto de la contaminación local y global en la Zona Metropolitana del Valle de México", tomaron como base los documentos "Mitigating Carbon Emissions While Advancing National Development Priorities: The Case of Mexico" y el estudio "Support for National Action Plan". El primero de ellos fue elaborado por Sheinbaum y Masera, investigadores de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), publicado en Climatic Change, Kluwer Academic Publishers, en el año 2000.

El segundo estudio fue elaborado en 1997 para el INE por investigadores del Instituto de Ingeniería y de Ecología de la UNAM. Dicho estudio fue financiado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (*USAID, por sus siglas en inglés*), El estudio sirvió de soporte para la elaboración del Plan Nacional de Cambio Climático desarrollado por el INE.

Las tecnologías de mitigación de GEIs analizadas en el documento "Support for National Action Plan" son:

1. Motores eléctricos
2. Cogeneración
3. Calderas industriales
4. Iluminación residencial y comercial
5. Bombeo de agua potable
6. Transporte público en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM)
7. Generación eólica
8. Manejo forestal y agroforestales
9. Calderas de lecho fluidizado atmosféricas
10. Distribución de mercancías bajo el esquema de operación logística en la ZMVM
11. Manejo de metano derivado de actividades agrícolas.

Dichas tecnologías sirvieron de base para la elaboración del primer estudio que se menciona, en el cual se revisaron y actualizaron los potenciales de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, y los costos asociados..

De acuerdo al estudio anterior, el potencial de mitigación de emisiones de CO_2 de las tecnologías analizadas en los sectores energético y forestal en los años 2005 y 2010 es de 170.4 millones y 348.3 millones de toneladas de bióxido de carbono (CO_2) respectivamente.

Los costos de mitigación del estudio consideran la inversión de capital, y los costos de operación y mantenimiento. Los valores negativos muestran que el costo de mitigación de la opción es menor que el costo de mitigación del escenario base (centrales termoeléctricas convencionales). Las siguientes tablas muestran el potencial de mitigación y los costos asociados.

Potencial de Mitigación de CO_2 (millones de toneladas)			
Opción	2000	2005	2010
Centrales de ciclo combinado	13.9	21.2	70
Iluminación en el sector residencial	0.7	1.6	2.5
Iluminación en el sector comercial	0.5	0.8	1.2
Bombeo de agua	1	1.1	1.2
Motores industriales	0.2	0.6	0.9
Calderas Industriales	1	1.8	2.7
Camiones en la ZMVM	1.2	1.1	1.0
Cogeneración industrial	0.4	17.9	35.4
Generación eólica	1	6.6	12.2
Metro en la ZMVM	0	2.0	4.0
Total Sector Energía	19.9	54.7	131.2
Manejo forestal (Templado)	33.3	74.7	141.1
Manejo forestal (Tropical)	13.2	31.4	62.0
Restauración	2.8	8.0	12.0
Opciones agroforestales	1.0	1.6	2.0
Total Sector Forestal	50.3	115.7	217.1
TOTAL (millones de toneladas)	70.2	170.4	348.3

Costos de las tecnologías de mitigación	
Opción	1994 USD / ton de CO_2
Iluminación residencial	-45.9
Bombeo de agua	-36.4
Iluminación comercial	-35.0
Cogeneración industrial	-33.6
Camiones en la ZMCM	-29.2
Calderas industriales	-27.3
Centrales de ciclo combinado	-15.8
Generación eólica	-11.9
Manejo forestal (Templado)	-3.5
Manejo forestal (Tropical)	1.6
Agroforestal	4.4
Restauración	5.4
Metro en ZMCM	70.5
Motores industrial	106.4

Para determinar el potencial de mitigación de emisiones de GEI de las medidas anteriores, la UNAM desarrolló un modelo que simula el sistema energético y forestal mexicano. Para el sector energético, el modelo considera las etapas de demanda, transformación y suministro.

Para cada uso final, el modelo asigna un indicador de actividad: Producto Interno Bruto (PIB), estructura del PIB, numero de viviendas urbanas y rurales, numero de habitantes, numero de pasajeros por kilómetro, numero de toneladas transportadas por kilómetro, etc.

Para el sector forestal el modelo considera el uso final de los productos forestales de acuerdo con la distribución económica y de población nacional. El área requerida se estima con la productividad forestal de las diferentes estrategias de manejo forestal.

El modelo divide en dos categorías las opciones forestales: conservación y reforestación. El modelo considera la pérdida de bosques y las tasas de deforestación de los principales bosques de México. La captura de carbono en el sector forestal (St) se calcula como sigue:

Para determinar los costos de las medidas de mitigación, los autores consideran la inversión de capital, los costos de operación y mantenimiento de las tecnologías energéticas. En el sector forestal los costos de mitigación consideran los costos actuales de manejo forestal (incluyendo los beneficios de los productos madereros) y los costos de oportunidad del uso del suelo.

Los costos se evalúan a través del concepto de "Costo Anualizado"; el cual anualiza el costo de los valores presentes netos.

$$CN_i = VPN_i * d \ / \ \left[1 - (1+d)^{-n}\right]$$

donde:

CN_i = Costo anualizado

VPN_I = Valor presente neto

d = tasa de retorno

El carbono neto secuestrado es la diferencia entre el carbono secuestrado y la línea base

$$CTA_i = \left[CN_{mi} - CN_{bl}\right] / \ \left[CO2_{bl} - CO2_{mi}\right]$$

donde:

$\left[CN_{mi} - CN_{bl}\right]$ es la diferencia entre los costos anualizados de instrumentación de la opción de mitigación "i" (CN_{mi}) y el costo de la línea base (CN_{bl})

$\left[CO2_{bl} - CO2_{mi}\right]$ es el total de las emisiones evitadas de la opción de mitigación (i) relacionada con la línea base.

El año de referencia es 1994 y la tasa de retorno es de 9% para las opciones de mitigación tanto forestales como energéticas.

Sección 3:
Determinación de las emisiones locales de las tecnologías de mitigación de gases de efecto invernadero

Como se mencionó anteriormente se tomaron como base pare el presente estudio el potencial de mitigación de emisiones de CO_2 y los costos de algunas de las tecnologías

del documento “Mitigating Carbon Emissions While Advancing National Development Priorities: The Case of Mexico”

Con objeto de modelar el control conjunto de las emisiones locales y globales en la ZMVM por medio de la Programación Lineal, se determinaron las emisiones locales de algunas de las tecnologías de reducción de emisiones de GEI y los costos de cada medida al año 2010. Los contaminantes determinados son: Partículas con diámetros de 10 micrómetros o menores (PM_{10}), Bióxido de azufre (SO_2), Monóxido de carbono (CO), Óxidos de nitrógeno (NOx), Hidrocarburos (HC).

Para el análisis de las medias se clasificaron las tecnologías en

A) Opciones energéticas
B) Opciones forestales.

Entre las principales actividades realizadas para el análisis de las tecnologías energéticas se encuentran: (i) Establecer escenarios para determinar factores de emisión de contaminantes locales, (ii) Determinar la participación porcentual de las emisiones de la ZMVM y el resto del país, y (iii) Calcular los costos de implantación de la medida en la ZMVM y en el resto del país.

Para determinar las emisiones locales de las medidas energéticas se establecieron índices de emisión de cada contaminante por GWh. Las fuentes de información fueron las emisiones totales reportadas en el PROAIRE 2002-2010 y datos de generación de las centrales de la ZMVM de la Prospectiva del Sector Eléctrico 2001-2010.

Para las medidas forestales se consideraron datos del Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1999, publicado por la SEMARNAT. El potencial de la ZMVM se determinó calculando la fracción de cubierta forestal con relación al valor total nacional.

Debido a la disponibilidad de información únicamente se analizaron las medidas que se describen a continuación. (La nomenclatura corresponde a la empleada en la base de datos)

Para determinar los costos de inversión de las medidas se consideraron los costos reportados del documento Mitigating Carbon Emissions While National Action Plan, asumiendo el número de equipos a nivel nacional. Para la inversión en la ZMVM se consideraron las fracciones calculadas para cada medida.

a) Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM)

G2 Iluminación eficiente residencial
G3 Iluminación eficiente comercial
G4 Bombeo de agua potable
G5 Motores eléctricos en la industria
G7 Cogeneración industrial
G11 Restauración forestal
G12 Opciones agroforestales

b) Resto del País

GN2 Iluminación eficiente residencial
GN3 Iluminación eficiente comercial
GN4 Bombeo de agua potable
GN5 Motores eléctricos en la industria
GN7 Cogeneración industrial

GN8 Generación de electricidad eólica
GN9 Manejo de bosque templado
GN10 Manejo de bosque tropical
GN11 Restauración forestal
GN12 Opciones agroforestales

Costos de las medidas de mitigación

Para el análisis de las emisiones de GEI se determinó el costo total al año 2010 considerando el potencial de mitigación y el costo unitario. El VPN de las medidas se determinó considerando una tasa de descuento de 9% y un periodo de 14 años. (1997-2010). Con las anteriores consideraciones el VPN = (7.79) x (costo nivelado)

	Potencial de Mitigación (Millones ton CO_2)	Costo nivelado (US$ / ton CO2)	Costo nivelado del potencial nacional total (millones de dólares)	VPN unitario (US$ / ton CO2))	VPN Total Nacional (Millones de dólares)
Iluminación residencial	2.5	-45.9	-114.8	-357.6	-893.9
Bombeo de agua	1.2	-36.4	-43.7	-283.6	-340.3
Iluminación comercial	1.2	-35.0	-42.0	-272.7	-327.2
Cogeneración industrial	35.4	-33.6	-1189.4	-261.7	-9265.7
Camiones ZMVM	1.0	-29.2	-29.2	-227.5	-227.5
Calderas industriales	2.7	-27.3	-73.7	-212.7	-574.2
Ciclos combinados	70.0	-15.8	-1106.0	-123.1	-8615.7
Generación eólica	12.2	-11.9	-145.2	-92.7	-1131.0
Manejo forestal templado	141.1	-3.5	-493.9	-27.3	-3847.1
Manejo forestal tropical	62.0	1.6	99.2	12.5	772.8
Agroforestería	2.0	4.4	8.8	34.3	68.6
Restauración de plantaciones	12.0	5.4	64.8	42.1	504.8
Metro ZMVM	4.0	70.5	282.0	549.2	2196.8
Motores industriales	0.9	106.4	95.8	828.9	746.0

MEDIDAS ENERGÉTICAS

Para el análisis de las medidas energéticas se consideraron 4 escenarios para determinar los factores de emisión de los contaminantes. Los supuestos considerados son:

	Supuestos
1	Un cambio de consumo de electricidad en ZMVM causa un cambio de generación totalmente fuera de la ZMVM
2	Un cambio de consumo de electricidad en ZMVM se refleja en la generación total de las plantas de la ZMVM
3	Un cambio en el consumo de electricidad en ZMVM causa la reducción de la fracción de generación de las plantas ZMVM considerando el sistema interconectado
4	Un cambio de consumo de electricidad en la ZMVM se refleja en la las centrales de la ZMVM en función del consumo de la misma

Cálculo de factores de emisión de contaminantes locales

A continuación se muestran los factores de emisión de contaminantes locales de los escenarios descritos.

El factor de emisión de CO_2 considerado en este estudio es de 550 ton de CO_2/ GWh, el cual se obtuvo de un estudio realizado por la Asociación de Técnicos y Profesionistas en Aplicación Energética (ATPAE). Para el cálculo de las emisiones locales se consideran las emisiones de las plantas generadoras de la ZMVM y las emisiones reportada en el Inventario de Emisiones del Proaire 2001-2010.

Escenario 1

Un cambio de consumo de electricidad en ZMVM causa un cambio de generación totalmente fuera de la ZMVM

Generación ZMVM (GWh) = 0

Emisiones ZMVM					
	PM10	SO2	CO	NOx	HC
ton / año	0	0	0	0	0

Factores de emisión ZMVM (escenario 1)					
	PM10	SO2	CO	NOX	HC
(ton / GWh)	0	0	0	0	0

Escenario 2

Un cambio de consumo de electricidad en ZMVM se refleja en la generación total de las plantas de la ZMVM

No. Central	Central	Municipio	Entidad Federativa	Tecnología	Combustible	Área	Numero de unidades	Capacidad (MW)	Generación (GWh)	Factor de planta
1	Valle de México	Acolman	México	Vapor	Gas natural	Central	7	838	4677	63.7
2	Jorge Luque	Tultitlán	México	Vapor	Gas natural	Central	8	362	778	24.5
3	Nonoalco	Col. Guerrero	Distrito Federal	Turbogas	Gas natural	Central	4	148	38.9	0.03
Total ZMVM							19	1348	5493.9	

Generación ZMVM (GWh) =	5493.9

NOTA: Las emisiones de CO_2 corresponden al documento "Inventario de emisiones de GEI de la ZMVM, II" - UNAM, 2000, Las emisiones distintas a CO_2 corresponden al documento PROAIRE 2002-2010 (DATOS DE 1998)

Emisiones ZMVM

	PM10	SO2	CO	NOx	HC
ton / año (1998)	138	16	1111	9540	48

Factores de emisión ZMVM (escenario 2)					
	PM10	SO2	CO	NOX	HC
(ton / GWh)	0.0251	0.0029	0.2022	1.7365	0.0087

Escenario 3

Un cambio en el consumo de electricidad en ZMVM causa la reducción de la fracción de generación de las plantas ZMVM considerando el sistema interconectado

No. Central	Central	Capacidad (MW)	Generación (GWh)
1	Valle de México	838	4677
2	Jorge Luque	362	778
3	Nonoalco	148	38.9
Total ZMVM		1348	5493.9
Total Sistema Interconectado			176,710
Total Nacional		36,697	192,764
% de generación con respecto al Sistema Interconectado		3.67	3.11

Fuente: Prospectiva del sector eléctrico 2001-2010, SENER

Nota:

El Sistema Interconectado no considera la generación de las regiones de Baja California, Baja California Sur y Noroeste

La reducción de un MWh en el consumo nacional se ve reflejado en una reducción de 0.0311 MWh en la ZMVM

Al reducir el consumo se reducen las emisiones considerando una reducción de 1 MWh se reduce 0.0311 MWh en la ZMVM

Factores de emisión ZMVM (escenario 3)					
	PM10	SO2	CO	NOX	HC
(ton / GWh)	0.0008	0.0001	0.0063	0.0540	0.0003

Escenario 4

Un cambio de consumo de electricidad en la ZMVM se refleja en la las centrales de la ZMVM en función del consumo de la misma

	GWh
Generación ZMVM	5493.9
Consumo eléctrico ZMVM	26499
% de generación	0.207

NOTA:
Por cada GWh que se reduzca el consumo en la ZMVM se reducen 0.207 GWh de generación de las plantas de la ZMVM

Factores de emisión ZMVM (escenario 4)					
	PM10	SO2	CO	NOX	HC
(ton / GWh)	0.0052	0.0006	0.0419	0.3600	0.0018

Resumen de factores de emisión

	CO2	PM10	SO2	CO	NOX	HC
	ton / GWh					
Escenario 1	550.00	0	0	0	0	0
Escenario 2	550.00	0.0251	0.0029	0.2022	1.7365	0.0087
Escenario 3	550.00	0.0008	0.0001	0.0063	0.0540	0.0003
Escenario 4	550.00	0.0052	0.0006	0.0419	0.3600	0.0018

Cálculo de fracción correspondiente a la ZMVM de las medidas energéticas de mitigación de emisiones de GEI.

Para cuantificar la reducción de emisiones de CO_2 de las medidas de mitigación, se estimaron las fracciones de aplicación de las medidas en la ZMVM con respecto al total nacional. A continuación se presentan algunos ejemplos del cálculo de las medidas energéticas

1) Iluminación sector residencial

De acuerdo al INEGI	Numero Viviendas	Fracción de aplicación de la medida a la ZMVM
Mexico (18 municipios)	1912216	
Distrito Federal	2131366	
ZMVM	4043582	
Total Pais	21948060	
% ZMVM		**0.1842**

Fuente: Página del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1998 http://www.inegi.gob.mx

2) Iluminación sector comercial

Sector comercial: Principales Características económicas según subsector 1998				Fracción de aplicación de la medida
De acuerdo al INEGI				
	Valor agregado censal bruto			
	(miles de pesos)	% en el total nacional	Lugar nacional	
Distrito Federal	84338947	24	1°	0.24
Estado de México	36708882	10.5	2°	
Fracción del Estado de México ZMVM		6.7095 (1)		0.067
Total ZMVM	121047829			**0.307**
TOTAL NACIONAL	350510339.5			

Nota (1): El valor que corresponde a la ZMVM del Estado de México se corrigió con datos de población del INEGI (INEGI, 2000) = 8,366,386/13,096,686=0.639

Fuente: Aspectos económicos. Sector comercial: Principales Características económicas según subsector 1998. Página del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, http://www.inegi.gob.mx.

3) Motores industriales

Manufacturas Principales Características económicas según subsector 1998				Fracción de aplicación de la medida
De acuerdo al INEGI				
	Valor agregado censal bruto			
	(miles de pesos)	% en el total nacional	Lugar nacional	
Distrito Federal	65322262	11.2	2°	0.112
Estado de México	98772184	17	1°	
Fracción del Estado de México ZMVM	68449123	11.781		0.11
TOTAL ZMVM	133771385			**0.229**

NOTA: La fracción del la ZMVM que corresponde al Estado de México se corrigió e acuerdo al (INEGI, 2000) = 8,366,386/13,096,686=0.639

Fuente: Manufacturas Principales Características económicas según subsector 1998. Página del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, http://www.inegi.gob.mx.

4) Bombeo de agua

De acuerdo a la Comisión Nacional del Agua				
Estado	Población total	Población con agua potable	% de población con agua potable con respecto a la población total por entidad	Fracción de aplicación de la medida
Mexico	12874462	11416902	88.7	
Distrito Federal	8564317	8315324	97.1	
(18 municipios Edo. Mex (ZMVM)	8,100,000	7182972		
Total ZMVM	21438779	15498296		
Total Nacional	97283460	84986846	87.4	
% Edo Mex- DF con respecto al total nacional				**0.18**

Fuente: Página de la Comisión Nacional del Agua. Estadísticas. http//www.cna.gob.mx.

5) Sistemas de cogeneración

Para determinar la fracción del potencial de cogeneración en la ZMVM únicamente se consideran las industrias de papel y sustancias químicas

	Valor agregado censal bruto			
	(miles de pesos)	% en el total nacional	Lugar nacional	Participación en el total nacional (fracción)
Papel y productos				
Distrito Federal	10732087	35.3	1°	.353
Estado de México	5158280	17	2°	.1086 (1)
TOTAL	15890367	52.3		.4616
Sustancias químicas				
Distrito Federal	22721583	20.2	2°	.202
Estado de México	24222787	21.5	1°	.1353
TOTAL	46944370	41.70		.3373
MEDIA		39.95		**0.3995**

NOTA:
La industria del papel y productos Incluye: Papel y productos del papel, imprentas y editoriales
La industria de sustancias químicas incluye: Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, húle y del plástico

NOTA:
(1) La fracción de los municipios del Estado de México en la ZMVM .(18 municipios = 8,393,386/13,096,686 = 0.639)(Censo 2000)

Considerando que el potencial de cogeneración es para nuevas plantas (de acuerdo al documento Support For a National Action Plan)

El Potencial para cogeneración en plantas (MW en 2010)			
	Nacional (MW)	ZMVM	Fracción de aplicación dela medida ZMVM
Petroquímica	5398.1	0.0	
Química	2228.3	751.6	
Pulpa y papel	717.3	331.1	
Fertilizantes	320.6	0.0	
Total	8664.3	1082.8	
% ZMVM			**0.124**

Fuente: Aspectos económicos - Manufacturas: Principales características económicas según subsector, 1998 INEGI. Página del INEGI: http://www.inegi.gob.mx

Appendix C
User's guide to the linear program developed in Microsoft Excel

The linear programming (LP) model has been developed in Microsoft Excel, using the Solver function, which provides a user-friendly interface for running the LP. Through this project, Excel was seen to provide a framework which is not only easy to understand, but it also produces optimal solutions to the LP very quickly and robustly – that is, it finds the optimal solution on the first try every time.

The Solver function must be installed in Excel in order to solve an LP. The Solver is often not installed during most standard installations, but can be added by installing the Solver Ad-in, using the MS Office installation disk.

For this report, three versions of the LP are included as Excel files attached with the report: one using only PROAIRE measures, one including PROAIRE measures and GHG measures applied on the metropolitan scale, and the final including measures on a national scale. The file with PROAIRE measures is used here to illustrate the method.

The basis of the LP is a table of measures with costs and emissions reductions, here shown in the same format as the tables presented in Chapter 2. The file also adds a column to the right (colored yellow) that gives the activity levels in the LP solution. These are the decision variables for the LP. Below the table of costs and emissions reductions, the simple sum of each column is shown. In the row below this are the emissions reduction constraints – any positive number can be entered here, as long as the constraint is not higher than the total emissions possible using the measures present. The next row presents the LP Solution in terms of its costs and emissions reductions – this is the sum over all measures of the costs (emissions reductions) times the activity level in the LP Solution. Below this, the LP solution is split into its components: private vehicles, other vehicles, transport, industry, and services.

The Solver function is enabled by selecting Tools/Solver. If Solver does not appear under Tools, look under Ad-Ins to see if it is listed or if it needs to be installed. The Solver Parameters window then appears. By clicking on Options, one can view the parameters for the Solver functions – for this application, two options need to be checked:

- "Assume linear model" – without this, the nonlinear solver will be used, and an optimal solution cannot be guaranteed with the nonlinear solver.
- "Assume non-negative" – this means that the decision variables (activity levels) cannot be negative, and avoids having to list non-negativity constraints along with the other constraints.

In the Solver Parameter window, the LP model is defined. The objective function is entered under "Set Target Cell", and then one defines whether the model is to maximize or minimize the function. Here we use either the total investment or the NPV (fuel) in the "LP Solution" row as the objective function (cell E33 or F33 in the files) and we choose to minimize this solution. Under "By changing cells," the activity level variables are selected

(O8:O29, the column in yellow). Below this, the constraints are specified. We use six constraints for the emissions reductions of each of the six pollutants – for example, the LP solution for CO (H33) must be greater than or equal to the CO constraint (H32). Finally, constraints are required for the maximum activity levels for each emissions control measure (O8:O29 less than or equal to N8:N29).

After entering the emissions reduction constraints for each pollutant as desired, the LP is then solved by clicking on "Solve" in the Solver Parameter window. Excel then reports whether an optimal solution was successfully found – using the linear solver, a solution will always be found, unless no solution is possible – for example, where the emissions reduction constraint is greater than the largest possible emissions reduction using the measures available.

After running the LP it is possible to get diagnostic information on the LP run by selecting one or more of the "reports" in the Solver Results window. The "Answer Report" shows the optimal solution and whether the individual constraints were binding or not binding (the constraint is binding if the solution changes with any change to the constraint). In the "Sensitivity Report" the most interesting information is the "Shadow price" listed for each of the pollutants (here in US$million/(tonne per year)). In the "Limit Report" we can see how the objective function (cost) value changes, if the activity level of each individual measure is varied within its limits.

With this basic understanding of the LP in Excel, it is also possible to consider other cases:

- Constraints on each of the six pollutants can be varied by changing the constraint values in the "Constraints" row – a constraint can be removed by simply entering a zero.
- Other cost measures in the "LP Solution" row can be selected as the objective functions.
- The activity level of a given measure can be forced to a specific value by adding a constraint saying that its activity level must be equal to (or greater than) a specific level. This can be used to see how the solution changes when particular measures are included in the solution.
- Constraints can be added, such as adding a constraint on the total investment, while finding the minimum NPV (fuel).

The files for the combined local measures (PROAIRE and GHG measures), and for all measures (local and national), are developed in the same way, but include an extra constraint to ensure that not more than one measure can be chosen to replace the RTP bus fleet (for V22 and the hybrid bus measures).

Appendix D
Report on August, 2002 Co-control / Co-benefits workshop in Mexico City.

The workshop titled "Joint Control of the Urban Contamination and Greenhouse Gas Emissions and Co-Benefits in the Metropolitan Area of Mexico City" was held at SEMARNAT in Mexico City, on August 27-28, 2002. The presentation given by Jason West, Patricia Osnaya, and Israel Laguna at this workshop is attached with this report.

The "Joint Control of the Urban Contamination and Greenhouse Gas Emissions and Co-Benefits in the Metropolitan Area of Mexico City" workshop was organized with the following goals:

1) To present results from the Co-control phase of this project, for members of CAM and other international interests (EPA, and co-benefits researchers from other nations):
    a) Consider how urban air pollutants and greenhouse gases can be managed simultaneously in Mexico City.
    b) Demonstrate the use of quantitative policy analysis tools for aiding decision-making in CAM.
    c) Develop Co-control methods as an addition to Co-benefits methods used in other nations.
2) To plan the forthcoming Co-benefits research, in terms of what models and techniques to use, who will participate, and how the Co-benefits work can relate to and build on progress from the Co-control phase.
    a) Identify timelines and milestones for this phase of work, including technical and financial assistance needs.
    b) Identify lead person to coordinate co-benefits phase, and lead the integration of the various pieces of the analysis into one product.
3) To promote interest and participation from CAM and from international interests, by incorporating their comments and suggestions into this research.

The two-day cobenefits workshop consisted of a variety of presentations by Mexican, US and other international experts who discussed the current work carried out in Mexico related to the cobenefits project. The program of presentations at this workshop is attached and is divided into two main sections:

1) Presentation of ongoing emissions controls initiatives for urban air pollutants and GHGs in Mexico City, and presentation of the Co-control methods and results.
2) Presentation of the "component pieces" of ongoing research, which could be used to conduct a co-benefits study for Mexico City. This second section began with presentations of co-benefits studies in Chile, Argentina, and Brazil.

The workshop concluded with an open group discussion about the next phase of the cobenefits project, building on the model Jason West developed, and other technical work related to health effects, air quality and GHG mitigation. A separate smaller meeting was

held at INE after the workshop to plan activities for the second phase of the project, which will focus on "co-benefits".

Section 1

During this first part, Simone Brant of the EPA gave a general overview of the goals of co-benefits projects and expectations for this work in Mexico. The context of air pollution and GHG control in Mexico City was set by the presentations of Walter Vergara, Jorge Sarmiento, and Oscar Vazquez. The World Bank Clean Air Initiative is moving forward with funding from GEF to support pilot projects for "harmonized" air pollutant-GHG control measures. The CAM is now moving forward with the PROAIRE emissions control measures, as well as related initiatives to improve the emissions inventory. Activities in the DF on climate change are focused on understanding sources of emissions and the potential of actions to reduce emissions, encouragement of emissions reduction activities, and preparing the DF for outside investment in GHG emissions reductions.

The presentation on the Co-control research was received with significant interest by the Mexican participants at the workshop. Comments received suggested that the Mexicans found the approach and methods to be interesting and that they could be used beneficially in Mexico. Others suggested that they appreciated that the research helped to structure thinking about how plan in a coordinated way for controlling air pollution and climate change, even if the co-control methods are not used. Much of the discussion focused on the limitations of the emissions control and cost data in this study and the other studies from which information was drawn (particularly PROAIRE) – this led to a general agreement that it is important to improve such estimates. One question in particular asked whether the study was appropriate for Mexico, since most climate investments in Mexico would likely come through something like the Clean Development Mechanism, and therefore would likely not be coordinated well with other Mexican priorities such as air quality or economic returns. In response to this comment, it can be illustrative to use co-control techniques to see if CDM projects are economically efficient, or if they could be targeted better towards actions which achieve a more cost-efficient co-control plan.

Section 2

The presentations on co-benefits projects in Chile, Argentina, and Brazil, as well as that of Collin Green, emphasized how simplifying assumptions can be used to make co-benefit calculations manageable and informative, in both informing an international community, and in working with policy-makers to consider air quality and GHG controls simultaneously.

Following this, the presentations focused on the component studies that have already been completed for Mexico City, which could provide the basis for a co-benefits study. These included:

Health effects: Presentations of Mauricio Hernandez from INSP, and of Roberto Munoz who presented results of a World Bank-funded study. The presentation of Mauricio Hernandez focused on ongoing health studies to improve understanding and quantification of health effects, and presented estimates of health damages and monetized health benefits.

The presentation of Roberto Munoz showed a benefits calculation for health which was carried through to monetized health benefits.

Air quality modeling: Presentations of Andres Aguilar of the CAM modeling team, and of Jason West from the MIT modeling team. The presentations showed that both models can provide useful information for a co-benefits study.

Economic evaluation of measures: The presentations of Morten Hojer and of the co-control project suggested that a good start has been made on quantifying costs and emissions reductions, but that much could be done to improve this work to an international standard.

Finally, Miriam Zuk presented work conducted at MIT in which a value-of-information analysis was done. This analysis "puts the pieces together" in a highly simplified way for a benefits calculation for Mexico City, and this framework could be used for a co-benefits study.

Discussion

Following the last presentation, an open discussion was held to receive input from the participants into the design of the next phase of IES activities in Mexico focused on analysis of the "co-benefits" of "co-control" strategies that could be included in PROAIRE. Some of the comments that emerged from this discussion included:

- It is important to ensure that policymakers better understand the concept and benefits of the integration of measures.
- It was also noted that it is not only important to deal with the correct values and costs of measures, but also to understand the attitudes of policymakers in order to present the material in a way that is easily understood.
- It is important that in the development of models, they are put to the test before being used by a broader group. They should be tested by internal and external reviews to ensure their usefulness and accuracy.
- Policymakers need to know that these tools even exist and demonstrations of the models should occur more often. It is difficult to convince policymakers of these types of recommendations – however, with good models and information, this task becomes easier.
- A simple modeling program would be useful to develop that policymakers could use on their own. Collin Green noted that the Shanghai IES program developed a simplified model that can be put on a policymaker's computer.
- When asked about the next phase of the project, Jason West recommended that the team should conduct a simplified analysis first and consider a link with CO_2 emissions. He also suggested it is important to frame questions to be able to address in terms of cobenefits. In addition, the time frame should be extended beyond 2010.
- From the health point of view, Mauricio Hernandez noted that it is important that policymakers understand that the data are valid, however there still will be uncertainties in the end. By developing modular programs, information can be substituted in so that the data is continually updated.
- It was noted that it is important to think beyond the analysis and into the implementation stage. Other IES countries have been able to build on the analysis to

submit proposals to the GEF - for example in Chile, a transportation corridor project. This is certainly an option in Mexico City.

- Adrian Fernandez noted that these tools are an important way for scientists to bridge the gap between science and policymaking. These tools will help convince policymakers we have enough information to go forward.

Overall, participants seemed to agree that considerable knowledge had already been gained through component studies for Mexico City, and that while continuing these component studies is important, there is also sufficient information to put these pieces together in conducting a co-benefits study.

Planning Meeting for Second Phase of Mexico's Co-benefits Project

Representatives from INE, the CAM, NREL, EPA, Resident Researchers at INE from MIT and Harvard University, the Government of the State of Mexico, and the Government of Mexico City participated in a meeting to discuss the next phase of the cobenefits project. Julia Martinez requested that Galen McKinley (of MIT) lead the meeting and offer suggestions for the design of the program.

Collin Green and Luis Cifuentes offered much guidance in terms of models to use, and goals to set for the program, including the organization of a policymakers meeting at the end of the 9-month period of work.

Regarding modeling, it was noted that it is important to be able to provide something transparent to use on policymakers computers, such as the model the Shanghai team developed. Shanghai also has models connected to a GIS system which allows for a very visible view of air pollutants in the city. It was suggested that members of the Mexico team travel to Chile to learn the health effects model of Luis Cifuentes, as he helped the Shanghai team develop their model based on his.

It was suggested that the Mexico team take advantage of the studies that have been carried out specifically for Mexico City, rather than depending on studies of other cities. It was also suggested that the team should consider conducting very simplified calculations at first, to see how all the pieces of the problem can be put together, before then trying to refine each of the inputs. In this regard, Chile's health effects model can be run as a single box, with no geographical information, to help with a first calculation. It was also noted that the models developed need to be in Spanish, so they are more user-friendly throughout Mexico City.

A workplan will be developed to elaborate on the scope, specific tasks, deliverables/products and timeline for the next phase of the co-benefits project. Julia Martinez will coordinate the development of the workplan. The resident researchers at INE will write the workplan. Galen McKinley will be the lead technical manager for the project while Mexican researchers and INE staff serve in an advisory and support capacity. The representatives from the SMA-DF and SMA-EM mentioned they will bring this information to their bosses and ensure there is continual communication on this topic.